60 коп.

А. Ю. ПИШЕ

★

НЕМЕЦКАЯ ХРЕСТОМАТИЯ
ДЛЯ РУССКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ

★

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ *ОСНОВЫ МАТЕМАТИКИ, МЕХАНИКИ, ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ*

1 9 3 0

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Издания 4-е по 6-е перепечатаны с третьего с небольшими поправками.

Ноябрь, 1929. *А. П.*

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Мысль составить хрестоматию, специально предназначенную для лиц с техническим образованием, с целью облегчить им возможность пользоваться специальной литературой на иностранном языке, еще мало распространена повидимому даже за границей. По крайней мере нам удалось пока найти только два труда подобного рода для немецкого языка — давно устаревшую и представляющую библиографическую редкость: «Немецкую хрестоматию по естествознанию и техническим наукам» (составил М. Дмитриевский, Казань, 1879) и вышедшую в 1924 г. (т. е. после наших первых выпусков) в Париже книгу: М. Merme, Recueil de Lectures Allemandes industrielles et techniques à l'usage des élèves des établissements d'Enseignement Technique [1].

Оба названные труда преследуют ту же цель, как и наша хрестоматия, но пытаются охватить в одной книге чуть не все области техники, а потому дают далеко не достаточный материал для каждой отдельной специальности.

Настоящая «Немецкая хрестоматия», состоящая из серии выпусков, должна представить попытку дать русским учащимся-техникам простой немецкий текст, знакомящий их с терминологией в той области, в которой ни один работник, действительно желающий трудиться с пользой и успе-

[1] Одновременно с нашей хрестоматией вышла «Немецкая книга для чтения» В. Удольской, предназначенная для строительных учебных заведений (Госиздат, 1923)

хом, не может обойтись без иностранной литературы. Ознакомившись же с наиболее распространенными терминами и способами выражаться, с техническим стилем, он затем уже без особенного труда сумеет разобраться в любой книге по своей специальности.

Надеюсь, что и преподаватели немецкого языка в технических училищах, из которых в настоящее время многие мало занимались специально технической литературой, получат некоторую пользу от предлагаемого труда, долженствующего облегчить их трудную задачу — дать учащимся при очень ограниченном числе часов достаточную подготовку.

Во избежание могущих возникнуть недоразумений считаю нелишним подчеркнуть, что каждый выпуск отнюдь не задается целью дать хотя бы самое краткое руководство по затронутому предмету, а имеет в виду исключительно усвоение учащимися относящейся сюда немецкой терминологии.

Для возможности пользоваться первыми выпусками «Немецкой хрестоматии» от учащихся требуется очень небольшая подготовка по немецкому языку: даже при знакомстве с первой частью одного из принятых у нас учебников немецкого языка можно приступить к чтению настоящего сборника.

Необходимейшие грамматические сведения легко даст попутно каждый преподаватель, и даже при самообразовании, без руководителя, особых трудностей не встретится.

Довольно скоро разошедшиеся два издания первых выпусков показали, что потребность в такого рода издании велика, и это заставляет составителя с особым вниманием отнестись к настоящему третьему изданию, которое появляется в несколько переработанном и дополненном виде, причем с благодарностью приняты во внимание критические замечания преподавателей, испробовавших хрестоматию на практике.

Главные отличия первого выпуска в третьем издании от первого и второго заключаются в следующем. Из второго выпуска перенесена сюда небольшая статья «Основы гидравлики» (§ 37), добавлен ряд задач по механике с их решениями; из этого текста учащиеся убедятся, что усвоенные ими из §§ 14—22 выражения уже нашли себе применение на практике. В конце текста помещен ряд небольших статей, написанных очень простым языком (§§ 39—43) и относящихся по своему содержанию к основам техники. В некоторых местах прежний текст несколько упрощен (особенно § 37), но дальнейшее упрощение его не соответствовало бы целям издания. При наличии очень слабо подготовленных по немецкому языку учеников можно начать чтение текста не с § 1, а с более легких (§§ 5—12, 15, 23).

Текст первого выпуска заимствован из следующих немецких трудов: G. Holzmüller, Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik, Band I und II (§§ 1—13). Dr. H. Börner, Grundriss der Physik für höhere Lehranstalten (§§ 14—35). M. Merme, Lectures Allemandes (см. выше) (§ 36). W. Hauber, Hydraulik (§ 37). Aug. Föppl, Vorlesungen über technische Mechanik (§ 38).

Остальные параграфы — из учебников немецкого языка разных авторов. Текст и словарь настоящего издания просмотрел профессор Московского высшего технического училища Л. Г. Кифер.

Одновременно с первым выпуском выходит новое, переработанное издание выпусков II и III, соединенных теперь в одну книжку («Машиностроение»).

А. ПИШЕ

Москва. Апрель, 1926.

INHALT — ОГЛАВЛЕНИЕ

Erster Teil — Первая часть

MATHEMATISCHE LEHRSÄTZE — МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕОРЕМЫ

Zweiter Teil / Вторая часть

LEHRSÄTZE DER MECHANIK UND PHYSIK / ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ И ФИЗИКИ

Dritter Teil / Третья часть

GRUNDLAGEN DER HYDRAULIK UND TECHNIK / ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ТЕХНИКИ

ERSTER TEIL

MATHEMATISCHE LEHRSÄTZE

§ 1. Die reine und die angewandte Mathematik

Die Wissenschaft, die sich mit messbaren Grössen und den Zahlen beschäftigt, wird Mathematik genannt.

Man unterscheidet reine und angewandte Mathematik.

Die reine Mathematik beschäftigt sich nur mit den grundlegenden Raum- und Zahlengrössen. Zur reinen Mathematik gehören: die Arithmetik oder die Zahlenlehre, die Algebra oder die allgemeine Grössenlehre, die Geometrie oder die Raumlehre, die Trigonometrie oder die Dreiecksmesskunst usw.

In der angewandten Mathematik handelt es sich um das Nutzbarmachen der gewonnenen Ergebnisse für die Gebiete anderer Grössen. Zur angewandten Mathematik gehören: die mathematische Physik, besonders die Mechanik, die Astronomie oder die Sternkunde, die Geodäsie oder die Landmesskunst, die Architektur oder die Baukunde, die Maschinenkunde usw.

I. DIE ARITHMETIK (MIT EINSCHLUSS DER ALGEBRA)

§ 2. Die Grundrechnungsarten

Um angeben zu können, wie oft gleichartige Gegenstände vorhanden sind, erfand der Mensch die Zahl. Durch Abzählen der Gegenstände entstand die Zahlenreihe.

Wir zählen nach dem Dezimalsystem. Dieses System erfordert 10 Zeichen oder Ziffern.

Es gibt einstellige Zahlen, zweistellige, dreistellige usw., überhaupt vielstellige Zahlen. Jede Zahl der Zahlenreihe ist grösser als alle vorhergehenden und kleiner als alle folgenden; und zwar ist sie um die Einheit 1 grösser, bezw. kleiner als die beiden Nachbarzahlen.

Man unterscheidet benannte und unbenannte Zahlen.

Im Rechnen mit unbenannten Zahlen handelt es sich um die vier Grundrechnungsarten (die Spezies): die Addition, die Subtraktion, die Multiplikation und die Division.

Unter Addieren versteht man die Kunst anzugeben, wie viele Einheiten mehrere Zahlen zusammengenommen enthalten. Dadurch erhält man die Summe der einzelnen Zahlen. Die letzteren heissen Glieder der Summe oder Summanden; z. B: $2 + 5 = 7$.

Unter Subtrahieren versteht man die Kunst anzugeben, wie viele Einheiten übrig bleiben, wenn man von einer grösseren Anzahl von Einheiten eine kleinere Anzahl wegnimmt. Die Zahl, die verkleinert werden soll, heisst der Minuend; die Zahl, die abgezogen werden soll, heisst der Subtrahend; die Zahl, die übrig bleibt, heisst der Rest oder die Differenz; z. B.: $7 - 5 = 2$. Addition und Subtraktion derselben Zahl heben sich gegenseitig auf.

Unter Multiplizieren versteht man die Kunst die Summe mehrerer Summanden von gleicher Grösse in einfacher Weise zu finden.

Der mehrfach wiederholte Summand heisst der Multiplikand; die Anzahl der gleichen Summanden heisst der Multiplikator. Das Ergebnis (Resultat) der Rechnung heisst das Produkt; Multiplikand und Multiplikator heissen auch Faktoren des Produktes; z. B.: $7 \cdot 4 = 28$.

Multiplikator und Multiplikand können miteinander vertauscht werden, ohne dass das Produkt sich ändert.

Unter Dividieren versteht man die Kunst diejenige Zahl zu finden, die mit einer gegebenen Zahl multipliziert, eine andere gegebene Zahl gibt.

Die Zahl, die geteilt werden soll, heisst der Dividend; die teilende Zahl heisst der Divisor und das Ergebnis der Rechnung heisst der Quotient; z. B.: $6 : 3 = 2$.

Multiplikation und Division durch dieselbe Zahl heben sich gegenseitig auf.

§ 3. Positive, negative, ganze und gebrochene Zahlen

Es gibt positive und negative Zahlen; jede Differenz, deren Minuend Null ist, nennt man eine negative Zahl; z. B.: $8 - 10 = 0 - 2 = -2$.

Addition einer negativen Zahl bedeutet dasselbe, wie Subtraktion der entsprechenden positiven; Subtraktion der negativen — dasselbe, wie Addition der positiven.

Beim Multiplizieren und Dividieren geben gleiche Vorzeichen «plus», ungleiche — «minus».

Man bezeichnet $^1/_b$ (eins durch b) als die umgekehrte Grösse von b und ebenso b als die umgekehrte Grösse von $^1/_b$.

Die Multiplikation mit $^1/_b$ bedeutet dasselbe, wie die Division durch b.

Die Division durch $^a/_b$ bedeutet dasselbe, wie die Multiplikation mit b.

Man nennt $^a/_b$ eine gebrochene Zahl oder einen Bruch;

a nennt man seinen Zähler, b — seinen Nenner.

Primzahlen sind solche ganze Zahlen, die durch keine ganze Zahl (von 1 und der Primzahl selbst abgesehen) ohne Rest teilbar sind.

Man findet die Reihe der Primzahlen durch das sogenannte «Sieb des Eratosthenes».

Um mit Brüchen rechnen zu können, müssen wir verstehen den *grössten gemeinschaftlichen Teiler* und das *kleinste gemeinsame Vielfache* mehrerer Zahlen zu finden.

Ein Bruch, dessen Nenner 10 oder 100, oder 1 000 usw. ist, wird ein *Dezimalbruch* genannt; z. B.: 0,2 (lies: zwei zehntel oder Null Komma zwei); 1,25 (eins Komma 25 oder eine Ganze 25 hundertstel).

Nicht aufgehende Division ganzer Zahlen durcheinander kann dezimal fortgesetzt werden.

Wenn die Division jenseits des Kommas nicht aufgeht, so wiederholen sich die Reste periodisch. Der Dezimalbruch wird dann *endlos* und *periodisch*.

Der Quotient $^a/_b$ wird auch als *Verhältnis* der Grösse a zur Grösse b bezeichnet. Wenn zwei Verhältnisse einander gleich sind, so nennt man die Gleichung eine *Proportion*; z. B.: $6:3=8:4$.

Das Produkt der äusseren Glieder einer Proportion ist dem der inneren gleich ($6 \cdot 4 = 3 \cdot 8$).

Es gibt Gleichungen, die für jeden Zahlenwert richtig sind; z. B.:

$$(x+a)^2 = x^2 + 2ax + a^2.$$

Eine solche heisst eine *identische* Gleichung. Andere Gleichungen gibt es, die nur für bestimmte Werte gelten; z. B. ist die Gleichung:

$$x+5=10$$

nur dann möglich, wenn $x=5$ ist. Die Kunst, die richtigen Werte einer Grösse x aufzufinden, heisst das *Auflösen* der Gleichung.

§ 4. Potenzen und Wurzeln

Wenn zwei Faktoren a miteinander multipliziert werden, so bezeichnet man das Produkt mit a^2 (a im Quadrat); bei drei a schreibt man a^3 (lies: a hoch drei oder a zur dritten Potenz) usw. Der Ausdruck a^n (a hoch n) heisst n-te Potenz von a; die Zahl a heisst *Grundzahl* oder Basis der Potenz; n heisst der *Potenz-Exponent*.

Potenzen derselben Grundzahl werden miteinander multipliziert, indem man ihre Exponenten addiert: z. B.:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}.$$

Eine Potenz wird durch eine andere derselben Grundzahl dividiert, indem man den Exponenten der letzteren von dem der ersteren abzieht; z. B.:

$$a^m : a^n = a^{m-n}.$$

Eine Potenz wird potenziert, indem man die beiden Exponenten miteinander multipliziert; z. B.:

$$(a^m)^n = a^{mn}.$$

Ein Produkt wird potenziert, indem man die einzelnen Faktoren potenziert. Ein Bruch wird potenziert indem man den Zähler und den Nenner potenziert.

Der Ausdruck $x=\sqrt{a}$ (lies: Quadratwurzel aus a) gilt als Lösung der Gleichung $x^2=a$; $x=\sqrt[3]{a}$ (lies: dritte Wurzel aus a) gilt als Auflösung der Gleichung $x^3=a$; $\sqrt[n]{a}$ heisst die n-te Wurzel aus a; n ist der *Wurzel-Exponent*; die Zahl a, aus der die Wurzel gezogen werden soll, heisst der *Radikand*.

Wurzeln mit gleichen Exponenten werden miteinander multipliziert, indem man die Radikanden multipliziert und aus dem Produkt die Wurzel zieht; z. B.:

$$\sqrt{a} \cdot \sqrt{b} = \sqrt{ab}.$$

Die Wurzel wird aus einem Produkte ausgezogen, indem man sie aus den einzelnen Faktoren zieht und das Produkt der Einzelwurzeln bildet; z. B.:

$$\sqrt{ab} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}.$$

Eine Wurzel wird durch eine andere mit demselben Exponenten dividiert, indem man den Radikanden der ersten durch den der zweiten dividiert. Ein Bruch wird radiziert, indem man Zähler und Nenner einzeln radiziert.

Eine Wurzel wird potenziert, indem man den Radikanden potenziert. Man zieht die Wurzel aus einer Potenz aus, indem man sie aus der Grundzahl auszieht; hat man eine Zahl zu potenzieren und zugleich zu radizieren, so ist die Reihenfolge dieser Operationen gleichgültig.

Es gibt auch Potenzen mit negativen und gebrochenen Exponenten.

Eigenschaft der Gleichungen zweiten Grades. In der Gleichung

$$x^2 + ax + b = 0$$

ist der Koeffizient von x gleich der mit dem entgegengesetzten Vorzeichen genommenen Summe der Wurzeln; das absolute Glied (das Glied ohne x) — gleich dem Produkte derselben.

Die Logarithmen. Wenn $10^x = a$ ist, so nennt man x den *gemeinen* oder *Briggischen* Logarithmus von a; a heisst der *Numerus* zum Logarithmus x ($x = \lg a$). In Worten:

Der gemeine Logarithmus einer Zahl a ist der Exponent, mit dem man die Grundzahl 10 potenzieren muss, um jene Zahl zu erhalten.

Der Logarithmus eines Produktes ist gleich der Summe der Logarithmen; z. B.:

$$\lg (abc) = \lg a + \lg b + \lg c.$$

Man logarithmiert ein Produkt, indem man die Logarithmen der einzelnen Faktoren addiert.

Der Logarithmus eines Bruches ist der Logarithmus des Zählers vermindert um den des Nenners.

Man logarithmiert einen Bruch, indem man vom Logarithmus des Zählers den des Nenners subtrahiert.

Der Logarithmus einer Potenz ist das Produkt aus dem Exponenten und dem Logarithmus der Grundzahl; z. B.:

$$\lg (a^n) = n \lg a.$$

Man logarithmiert eine Potenz, indem man den Logarithmus der Grundzahl mit dem Exponenten multipliziert.

Der Logarithmus einer Wurzel ist der Quotient aus dem Logarithmus des Radikanden und dem Wurzelexponenten.

Man logarithmiert eine Wurzel, indem man den Logarithmus des Radikanden durch den Wurzelexponenten dividiert.

II. DIE GEOMETRIE (MIT EINSCHLUSS DER TRIGONOMETRIE)

§ 5. Grundbegriffe

Der *Punkt* ist dasjenige geometrische Gebilde, welches *keine* Ausdehnung hat.

Die *Linie* ist dasjenige geometrische Gebilde, welches *eine* Ausdehnung, die Länge, hat.

Die *Fläche* ist dasjenige geometrische Gebilde, welches *zwei* Ausdehnungen, Länge und Breite, hat.

Der *Körper* ist dasjenige geometrische Gebilde, welches *drei* Ausdehnungen, Länge, Breite und Höhe, hat.

Durch Bewegung des Punktes entsteht im allgemeinen eine Linie.

Durch Bewegung einer Linie entsteht im allgemeinen eine Fläche.

Durch Bewegung einer Fläche entsteht im allgemeinen ein Körper.

Die Grenzen einer Linie sind Punkte. Linien sind durch Punkte teilbar.

Die Grenzen einer Fläche sind Linien. Flächen sind durch Linien teilbar.

Die Grenzen eines Körpers sind Flächen. Körper und Räume sind durch Flächen teilbar.

Linien schneiden sich in Punkten. Flächen schneiden sich in Linien.

Die *gerade Linie* ist die Linie, die (unter Festhaltung zweier ihrer Punkte gedreht) ihre Lage nicht ändern kann. Sie ist zwischen zwei Punkten nur einmal möglich und ist zugleich der kürzeste Weg zwischen beiden Punkten.

Der Abstand beider Punkte heisst die *Länge* der Geraden.

Die Gerade kann beiderseits ins Endlose verlängert werden.

Zwei Gerade können sich höchstens in *einem* Punkte schneiden.

Krumme Linien sind solche Linien, die nicht sämtliche Eigenschaften der Geraden besitzen.

Die Raumlehre zerfällt in die Lehre von den ebenen Gebilden, d. h. die *Planimetrie*, und die Lehre von den nicht ebenen Gebilden, d. h. die *Stereometrie*.

§ 6. Vertikale und horizontale Richtung. Der Winkel

Ein ruhig an einem Faden hängendes Gewicht gibt diesem die Gestalt einer Geraden und eine Richtung, die man als die *senkrechte* bezeichnet.

Vgl. das Senkblei der Seeleute und das *Lot* der Maurer, von dem die Bezeichnung *lotrecht* kommt.

Vom aufrecht stehenden Menschen kommt die Bezeichnung *scheitelrecht* oder *vertikal*; vom *Perpendikel* der Uhr kommt die Bezeichnung *perpendikulär*.

Die freie Oberfläche ruhig stehenden Wassers in einem grösseren Gefässe darf als eine Ebene betrachtet werden; das kann man z. B. auch nach dem Gefrieren mit dem *Lineale* prüfen. Die Lage dieser Ebene wird als *wagerechte* oder *horizontale* bezeichnet.

Vgl. die *Wasserwage* (Kanalwage) und andere Nivellier-Instrumente, mit denen geprüft wird, ob Gerade oder Ebenen horizontal sind.

Anwendung beim Bauen, beim Verebnen (Planieren) grösserer Plätze und beim Herstellen der wagerechten Schienenbahn (Eisenbahn-Planum).

Ebenen und Gerade, die nicht horizontal und nicht senkrecht sind, werden als *schräge* Ebenen, bezw. Gerade, bezeichnet.

Der *Strahl* ist die einseitig begrenzte Gerade. An ihm ist die Richtung und die Lage des Ausgangspunktes zu unterscheiden.

Der *Winkel* ist das Mass der Drehung zweier Strahlen gegeneinander. Die beiden Strahlen heissen *Schenkel*; ihr Ausgangspunkt heisst *Scheitelpunkt* des Winkels.

Winkel, die sich decken, heissen *gleiche* Winkel, wenn auch ihre Schenkellängen verschieden sind.

Die volle Umdrehung wird in 360 gleiche Teile eingeteilt. Jeder dieser Teile heisst ein *Grad*.

Der *gestreckte* Winkel ist ein solcher von 180°, seine beiden Schenkel bilden eine Gerade. Der *rechte* Winkel ist ein solcher von 90°.

Winkel, die grösser sind als 180°, heissen *konvexe* Winkel; solche, die kleiner sind als 180°, heissen *konkave* Winkel.

Konvex = тупой
Konkav = острый

Winkel zwischen 0° und 90° heissen *spitze* Winkel.

Winkel zwischen 90° und 180° heissen *stumpfe* Winkel.

Supplementwinkel sind solche, die sich zu zwei Rechten ergänzen.

Komplementwinkel sind solche, die zusammen einen Rechten geben.

Durch Verlängerung eines Winkelschenkels über den Scheitel hinaus entsteht ein *Nebenwinkel*.

Durch Verlängerung beider Winkelschenkel über den Scheitel hinaus entstehen zwei Nebenwinkel und ein *Scheitelwinkel*.

Die Summe zweier Nebenwinkel gibt 180°.

Scheitelwinkel sind einander gleich.

Von einem rechten Winkel sagt man, seine Schenkel stehen aufeinander *senkrecht*.

Rechte Winkel sind *kongruent*, wenn auch die Schenkellängen verschieden sind.

Zum Zeichnen von rechten Winkeln gebraucht man ein Hilfsmittel, das *Rechtwinkeldreieck* oder *Winkelhaken* genannt wird.

§ 7. Die Ebene. Windschiefe und parallele Gerade

Die *Ebene* ist diejenige Fläche, in der sich von jedem Punkte aus nach jedem andern eine Gerade ziehen lässt, die nirgends aus der Fläche heraustritt.

Eine Ebene ist bestimmt durch zwei sich schneidende Gerade; oder durch eine Gerade und einen ausserhalb derselben liegenden Punkt; oder durch drei Punkte, die nicht in einer geraden Linie liegen.

Durch vier Punkte oder durch zwei Gerade lässt sich nicht immer eine Ebene legen.

Zwei Gerade, durch die sich keine Ebene legen lässt, heissen *sich kreuzende* oder *windschiefe* Gerade

Krumme Flächen sind solche, die nicht sämtliche Eigenschaften der Ebene besitzen.

Stehen zwei Gerade einer Ebene auf einer dritten Geraden derselben Ebene senkrecht, so heissen sie *parallel*.

Parallele Gerade schneiden sich nie, soweit man sie auch verlängert; sie behalten stets denselben Abstand voneinander.

Durch zwei parallele Gerade lässt sich stets eine Ebene legen.

Durch einen Punkt lässt sich zu einer Geraden nur *eine* Parallele legen.

Wenn zwei parallele Gerade von einer dritten geschnitten werden, so sind je zwei *Gegenwinkel* gleich, je zwei *Wechselwinkel* gleich und je zwei *entgegengesetzte* Winkel betragen zwei Rechte.

§ 8. Das Vieleck. Das Dreieck

Eine ringsum von Geraden begrenzte ebene Fläche heisst ein *Vieleck*. Die Geraden heissen *Seiten* desselben. Die Durchschnittspunkte zusammenstossender Seiten heissen *Ecken* des Vielecks.

Die von den benachbarten Seiten gebildeten Winkel heissen *Winkel* des Vielecks. Die Verlängerung einer Seite gibt einen *Aussenwinkel* des Vielecks. Die Verbindungslinie von zwei Eckpunkten, die nicht zu einer Seite gehören, heisst *Diagonale* des Vielecks.

Das Vieleck heisst regelmässig, wenn alle seine Seiten und alle seine Winkel untereinander gleich sind. Die *Zentriwinkel* des regelmässigen Vielecks sind gleich.

Das Dreieck. Sind alle Winkel eines Dreiecks spitze, so heisst es *spitzwinklig*; ist einer davon ein rechter, so heisst es *rechtwinklig*; ist einer davon stumpf, so heisst es *stumpfwinklig*.

Die Summe der Dreieckswinkel ist zwei Rechten gleich und beträgt 180°.

Der Aussenwinkel des Dreiecks ist gleich der Summe der Winkel an den andern Ecken.

Sind zwei Dreieckswinkel gleich, so ist das Dreieck *gleichschenklig* (und umgekehrt).

Sind alle Dreieckswinkel gleich, so ist das Dreieck *gleichseitig* (und umgekehrt).

Die Summe zweier Dreiecksseiten ist grösser als die dritte.

Die Differenz zweier Dreiecksseiten ist kleiner als die dritte.

Zwei Dreiecke sind kongruent, wenn sie übereinstimmen:

a) in zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel, oder

b) in einer Seite und zwei anliegenden Winkeln, oder

c) in allen drei Seiten, oder

d) in zwei Seiten und dem der grösseren Seite gegenüberliegenden Winkel.

Der grösseren Dreiecksseite liegt der grössere Dreieckswinkel gegenüber (und umgekehrt).

Die Mittelsenkrechten der Dreiecksseiten schneiden sich in *einem* Punkte, dem Mittelpunkte des Um-Kreises.

Die Winkelhalbierenden des Dreiecks schneiden sich in *einem* Punkte, dem Mittelpunkte des In-Kreises.

Die Dreieckshöhen schneiden sich ebenfalls in *einem* Punkte.

Dreiecke sind ähnlich bei Übereinstimmung:

a) eines Winkels und des Verhältnisses der einschliessenden Seiten;

b) zweier Winkel;

c) zweier Seitenverhältnisse;

d) eines Seitenverhältnisses und des Winkels, der der grösseren Seite gegenüberliegt.

Im rechtwinkligen Dreieck ist die Höhe auf die Hypotenuse mittlere Proportionale zwischen den Abschnitten der letzteren; jede Kathete ist mittlere Proportionale zwischen der Hypotenuse und dem anliegenden Abschnitt derselben.

Werden die Schenkel eines Winkels (oder ihre Verlängerungen über den Scheitel hinaus) durch zwei Parallele geschnitten, so verhalten sich die Abschnitte des einen wie die des anderen.

In ähnlichen Gebilden sind homologe Linien untereinander proportional und homologe Winkel gleich.

Regelmässige Vielecke derselben Seitenzahl sind einander ähnlich.

§ 9. Das Viereck

Die Summe der Winkel im Viereck beträgt vier Rechte.

Das Viereck kann in vielen besondern Formen auftreten, von denen folgende von Bedeutung sind:

a) das *Trapez*, bei dem *ein* Seitenpaar parallel ist;

b) das *Parallelogramm*, bei dem zwei Seitenpaare parallel sind;

c) das *gleichschenklige Trapez*, bei dem ein Seitenpaar parallel, aber ungleich, das andere gleich, aber nicht parallel ist;

d) das *Rechteck*, d. h. das rechtwinklige Parallelogramm;

e) der *Rhombus*, d. h. das gleichseitige Parallelogramm;

f) das *Quadrat*, d. h. das gleichseitige Rechteck oder der rechtwinklige (gleichwinklige) Rhombus.

Die Gegenseiten und die Gegenwinkel des Parallelogramms sind einander gleich.

Sind in einem Viereck je zwei gegenüberliegende Seiten einander gleich, so ist es ein Parallelogramm.

Die Diagonalen jedes Parallelogramms halbieren sich gegenseitig.

Im Rechteck sind beide Diagonalen gleich.

Im Rhombus stehen die Diagonalen aufeinander senkrecht.

Das Quadrat ist Rhombus und Rechteck zugleich, seine Diagonale sind also gleich, halbieren sich gegenseitig und stehen aufeinander senkrecht.

Die Winkel des Rhombus, also auch des Quadrates, werden durch die Diagonalen halbiert.

In das Quadrat und um dasselbe lässt sich ein Kreis beschreiben.

Lehrsatz des Pythagoras. Das Quadrat über der Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ist gleich der Summe der Quadrate über den beiden Katheten.

Das Quadrat über einer Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks ist gleich der Differenz zwischen dem Hypotenusenquadrat und dem anderen Kathetenquadrate.

Das Quadrat über der Summe zweier Geraden ist gleich der Summe der Quadrate über den einzelnen Geraden, vermehrt um das doppelte Rechteck aus beiden:

$$(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab.$$

Das Quadrat über der Differenz zweier Geraden ist gleich der Summe der Quadrate über diesen Geraden, vermindert um das doppelte Rechteck aus beiden:

$$(a-b)^2 = a^2 + b^2 - 2ab.$$

§ 10. Der Kreis

Der Kreis ist diejenige ebene, in sich zurücklaufende Kurve, die überall von einem festen Punkte, dem Mittelpunkte (oder Zentrum) denselben Abstand hat. Dieser konstante Abstand heisst Halbmesser (oder Radius). Die gerade Verbindungslinie zweier Kreispunkte heisst Sehne (Chorde). Die verlängerte Sehne heisst Schnittlinie (Sekante).

Geht die Sehne durch den Mittelpunkt, so heisst sie Durchmesser (Diameter). Dieser ist die Symmetrieachse des Kreises.

Das im Endpunkte des Halbmessers auf diesem errichtete Lot heisst Tangente.

Der von zwei Radien begrenzte Kreisteil heisst Kreisausschnitt (Sektor). Der durch die Sehne abgeschnittene Kreisteil heisst Kreisabschnitt (Segment).

Ein Teil des Kreisumfangs heisst Kreisbogen.

Der Bogengrad ist der 360-ste Teil des Kreisumfangs.

Die Gerade und der Kreis schneiden sich höchstens in zwei Punkten.

Die Tangente berührt den Kreis nur in einem Punkte.

Liegt der Scheitel eines Winkels auf der Kreislinie und sind seine Schenkel Sehnen, so heisst der Winkel ein Peripheriewinkel.

Ein Winkel, der von zwei Radien gebildet wird, heisst ein Zentriwinkel.

Jeder Peripheriewinkel ist der Hälfte des auf demselben Bogen stehenden Zentriwinkels gleich.

Jeder Peripheriewinkel im Halbkreise ist ein Rechter.

Gleiche Sehnen eines Kreises haben gleichen Abstand vom Mittelpunkte. Von zwei ungleichen Sehnen eines Kreises hat die grössere den kleineren Abstand vom Mittelpunkte (und umgekehrt).

Der Inhalt des Rechtecks ist Grundlinie mal Höhe.

Der Inhalt des Dreiecks ist das halbe Produkt der Grundlinie mit der Höhe.

Der Inhalt eines umbeschriebenen Vielecks ist das halbe Produkt des Umfangs mit dem Radius des Inkreises.

Der Inhalt des Kreises ist das halbe Produkt des Kreisumfangs ($2\pi R$) mit dem Radius, folglich $= \pi R^2$.

§ 11. Stereometrie

Die Ebene ist der geometrische Ort aller Raumpunkte, die von zwei festen Punkten gleich entfernt sind.

Die Schnittlinie zweier Ebenen kann nur eine Gerade sein.

Man misst den Schnittwinkel zweier Ebenen, indem man auf der Schnittlinie in einem Punkt Lote errichtet, die in den Ebenen liegen, und in der Ebene dieser Lote den von ihnen eingeschlossenen Winkel misst.

Stehen zwei sich schneidende Ebenen senkrecht auf einer dritten, so steht auch ihre Schnittlinie senkrecht auf der dritten.

Eine Ebene ist zu einer Geraden parallel, wenn sich in der Ebene eine Parallele zur Geraden ziehen lässt.

Zwei Ebenen sind parallel, wenn zwei sich schneidende Gerade in der einen zur anderen Ebene parallel sind.

Winkel im Raume, deren Schenkel gleichgerichtet sind, sind einander gleich.

Die drei Schnittlinien dreier sich schneidender Ebenen schneiden sich entweder in *einem* Punkte, oder sie sind parallel. Im ersten Falle bilden sie eine *dreiseitige körperliche Ecke.*

Zwei dreiseitige Ecken sind entweder kongruent oder symmetrisch, wenn sie übereinstimmen: a) in zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel, b) in einer Seite und den beiden anliegenden Winkeln, c) in den drei Seiten, d) in den drei Winkeln.

Die Summe der Kantenwinkel einer körperlichen Ecke ist stets kleiner als 360°.

§ 12. Der Inhalt einfacher Körper

Der *Inhalt* eines senkrechten oder schrägen Prismas und Zylinders (einer Walze) ist gleich dem Produkte der Grundfläche mit der Höhe ($I = Gh$).

Die *Mantelfläche* des senkrechten Prismas und Zylinders ist gleich dem Produkte des Umfangs der Grundlinie mit der Höhe ($M = Uh$).

Der Inhalt des *Dachkörpers* ist gleich dem halben Produkte der Grundfläche mit der Höhe ($I = G^h/_2$).

Der Inhalt der Pyramide und des Kegels ist gleich einem Drittel des Produktes der Grundfläche mit der Höhe ($I = G^h/_3$).

Der Inhalt des Stumpfes des Dachkörpers ist gleich dem Produkte der Halbsumme der beiden Grundflächen mit der Höhe:

$$I = \frac{G_1 + G_2}{2} h.$$

Die Fläche des Kegelmantels ist gleich dem Produkte der Seitenlänge mit dem Halbmesser der Grundfläche und mit π ($M = r\pi s$).

Der Kugelinhalt $I = {}^4/_3 r^3\pi$. Die Kugeloberfläche $O = 4r^2\pi$.

§ 13. Trigonometrie

Unter *Trigonometrie* (Dreiecksmesskunst) versteht man die Berechnung von Dreiecken aus drei zur Berechnung geeigneten Stücken. Solche Berechnungen finden schon in der Geometrie statt. Sie beschränken sich aber auf Bestimmung von Seiten und Flächen, während Winkel nur insoweit zur Berechnung kommen, als sie (wie die Winkel von 60°, 30°, 45°, 36° usw.) geometrisch konstruiert werden können. Auch sind die gegebenen Stücke in der Regel nur Seiten und Flächen, nur ausnahmsweise konstruierbare Winkel. Schon die *Landmesskunst* (Geodäsie) beansprucht volle Befreiung von jenen Einschränkungen. Sie verlangt die Berechnung des Dreiecks mit *Hilfe beliebiger* Winkel und die Berechnung beliebiger Winkel aus gegebenen Stücken. Das Ziel der Trigonometrie besteht darin, jene Schranken aufzuheben. Zu diesem Zwecke ist es nötig, zwischen Seiten und Winkeln bestimmte Beziehungen aufzustellen.

Die Funktionen der Dreieckswinkel oder die trigonometrischen Funktionen. Im rechtwinkligen Dreieck ist:

der Sinus eines Winkels — das Verhältnis der Gegenkathete zur Hypotenuse:

$$\sin\alpha = \frac{a}{c};$$

der Cosinus eines Winkels — das Verhältnis der anliegenden Kathete zur Hypotenuse:

$$\cos\alpha = \frac{b}{c};$$

die Tangente eines Winkels — das Verhältnis der Gegenkathete zur anliegenden Kathete:

$$\mathrm{tang}\,\alpha = \frac{a}{b};$$

die Cotangente eines Winkels — das Verhältnis der anliegenden Kathete zur Gegenkathete:

$$\cot\alpha = \frac{b}{a};$$

die Sekante von $\alpha = \frac{c}{b}$ und die Cosekante $\alpha = \frac{c}{a}$.

Der Sinussatz. In jedem Dreieck verhalten sich die Seiten wie die Sinus der gegenüberliegenden Winkel:

$$a : b : c = \sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma.$$

Der Cosinussatz. Das Quadrat einer Dreiecksseite ist gleich der Summe der Quadrate der beiden anderen Seiten, vermindert um das doppelte Produkt aus diesen beiden Seiten und dem Cosinus des eingeschlossenen Winkels:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma.$$

Der Inhaltssatz. Der Inhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Produkte aus zwei Seiten und dem Sinus des eingeschlossenen Winkels:

$$F = \frac{1}{2}ab\sin\gamma = \frac{1}{2}bc\sin\alpha = \frac{1}{2}ca\sin\beta.$$

ZWEITER TEIL

LEHRSÄTZE DER MECHANIK UND PHYSIK

§ 14. Allgemeine Mechanik

1. Erstes Grundgesetz der Mechanik — das Gesetz der Trägheit oder des Beharrungsvermögens (Galilei, 1600; Newton, 1687). Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch äussere Ursachen (einwirkende Kräfte) gezwungen wird seinen Zustand zu ändern.

2. Zweites Grundgesetz der Mechanik (Newton). Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kräfte proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher die Kraft wirkt.

3. Drittes Grundgesetz der Mechanik (Newton). Bei jeder Wirkung ist immer eine ebenso grosse und entgegengesetzt gerichtete Gegenwirkung vorhanden, oder: die Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung.

MECHANIK DES MATERIELLEN PUNKTES

Allgemeines

1. Gleichförmige Bewegung. Ein materieller Punkt hat eine gleichförmige Bewegung, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt. Unter Geschwindig-

keit (c) dieser Bewegung versteht man das Verhältnis von Weg (s) und Zeit (t). Es ist also:

$$c = s : t.$$

Ungleichförmige Bewegung. Ein materieller Punkt hat eine ungleichförmige Bewegung, wenn er in gleichen Zeiten ungleiche Wege zurücklegt. Unter Geschwindigkeit in einem bestimmten Augenblick versteht man das Verhältnis, welches zwischen Weg und Zeit bestehen würde, wenn der Massenpunkt von diesem Augenblick an sich gleichförmig weiter bewegen würde.

Gleichmässig beschleunigte Bewegung. Eine ungleichförmige Bewegung heisst gleichmässig beschleunigt, wenn die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel zunimmt. Die Geschwindigkeitszunahme in der Zeiteinheit heisst die Beschleunigung der Bewegung.

Gleichmässig verzögerte Bewegung. Eine ungleichförmige Bewegung heisst gleichmässig verzögert, wenn die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel abnimmt. Die Geschwindigkeitsabnahme in der Zeiteinheit heisst die Verzögerung der Bewegung.

Parallelogramm der Bewegungen. Wenn auf einen Massenpunkt zwei Kräfte unter einem Winkel wirken, ist die Gesamtwirkung dieselbe, als wenn der Punkt die beiden Bewegungen nacheinander vollführt hätte. Dieser Massenpunkt gelangt also in die Ecke des aus beiden Wegen konstruierten Parallelogramms.

Sind zwei Bewegungen geradlinig und gleichförmig, so ist auch die resultierende Bewegung geradlinig und gleichförmig.

Da die Geschwindigkeiten durch Wege gemessen werden, ebenso auch die Geschwindigkeitszunahmen (die Beschleunigungen), so wird das Parallelogramm der Bewegungen zum Parallelogramm der Geschwindigkeiten und der Beschleunigungen.

Satz vom Parallelogramm der Kräfte. Wenn zwei Kräfte unter einem Winkel auf einen Massenpunkt wirken, so ist die Resultante der Richtung und der Grösse nach gleich der Diagonale desjenigen Parallelogramms, welches man aus den Seitenkräften (Komponenten) konstruieren kann.

Die Zerlegung von Kräften, Bewegungen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Verzögerungen geschieht ebenfalls nach dem Gesetze des Parallelogramms.

§ 15. Besondere Arten der Bewegung

Der freie Fall. Die Anziehungskraft der Erde erzeugt eine gleichmässig beschleunigte Bewegung. Es ergeben sich folgende Gesetze:

a) Alle Körper fallen (im luftleeren Raume) gleich schnell.

b) Die Endgeschwindigkeit der ersten Sekunde ist g (für unsere Breite etwa 981 *cm*).

c) Die Geschwindigkeit ist der Fallzeit proportional.

d) Der Fallraum der ersten Sekunde ist $g/_2$ (= 490 *cm*).

e) Die Fallräume der einzelnen aufeinander folgenden Sekunden verhalten sich, wie die aufeinander folgenden ungeraden Zahlen.

Der Fall auf der schiefen Ebene (ohne Berücksichtigung der Reibung).

Die Bewegung auf der schiefen Ebene unter dem Einfluss der Schwere erfolgt nach den Fallgesetzen aber mit der Beschleunigung $g \cdot \sin \alpha$.

Fällt ein Punkt eine schiefe Ebene hinab, so nimmt das Quadrat seiner Geschwindigkeit um $2 \cdot gh$ zu, wobei h die Höhendifferenz des betrachteten Wegstückes bedeutet.

Der Wurf senkrecht ab- und aufwärts. Wird ein Massenpunkt mit der Anfangsgeschwindigkeit a senkrecht abwärts geworfen, so gelten, da die Schwere beschleunigend auf ihn einwirkt, die Gleichungen:

$$v = a + gt; \quad s = at + {}^1/_2\, gt^2; \quad v^2 = a^2 + 2gs.$$

Wird ein Punkt dagegen senkrecht aufwärts geworfen, so wirkt die Schwere in demselben Masse verzögernd:

$$v = a - gt; \quad s = at - \tfrac{1}{2}gt^2; \quad v^2 = a^2 - 2gs.$$

Im höchsten Punkte hat der geworfene Körper die Geschwindigkeit Null. Von diesem Momente an beginnt er wieder abwärts zu fallen. Wenn der Körper wieder zum Ausgangspunkte zurückgekehrt ist, so ist $s = 0$.

Man unterscheidet noch den *wagerechten Wurf*, den *Wurf schief abwärts* und den *Wurf schief aufwärts*.

§ 16. Die Zentralbewegung

Begriff der Zentralbewegung und Satz über die Flächenräume. Wenn auf einen in Bewegung befindlichen Massenpunkt eine nach einem festen Punkte (der nicht in der Bewegungsgeraden liegt) gerichtete Kraft wirkt, so entsteht eine Bewegung, welche *Zentralbewegung* heisst (z. B.: Bewegung des Mondes um die Erde).

Die Kraft heisst *Schwungkraft* oder Zentralkraft oder Zentripetalkraft; der Punkt, nach dem sie gerichtet ist, heisst *Mittelpunkt* oder Zentrum; die Verbindungslinie des angezogenen Punktes mit dem Mittelpunkte heisst *Leitstrahl* oder Radiusvektor.

Bei jeder Zentralbewegung beschreibt der Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume, wie auch die Schwungkraft mit der Länge des Leitstrahls sich ändern möge.

Die mit der Zentripetalkraft gleich grosse und ihr im Zentrum entgegenwirkende Kraft nennt man die *Fliehkraft* oder die Zentrifugalkraft.

Die einfache harmonische Bewegung. Eine geradlinige schwingende Bewegung, bei welcher die

Beschleunigung in jedem Punkte dem Abstande von der Mitte der Bahn proportional ist, heisst eine *einfache harmonische Bewegung* oder eine *Sinusschwingung*. Die halbe Bahn heisst *Schwingungsweite* (Amplitude); der Bewegungszustand in einem Punkte (Abstand von der Ruhelage, Grösse und Richtung der Geschwindigkeit) heisst *Schwingungsphase* in dem betreffenden Punkte; die Zeit, welche der Massenpunkt zu *einem* Hin- und Hergange gebraucht, heisst *Schwingungszeit*.

Ein Massenpunkt, welcher sich infolge der Schwere auf einer Kugelfläche bewegt, heisst ein *mathematisches Pendel*.

Für die Versuche wird das mathematische Pendel durch ein *einfaches* Pendel ersetzt, d. h. durch eine schwere Kugel, welche an einem Faden aufgehängt ist, dessen Gewicht gegenüber dem Gewichte der Kugel vernachlässigt werden kann.

Für kleinere Schwingungen gelten folgende Sätze:

a) Die Schwingungszeit eines mathematischen Pendels ist unabhängig vom Stoffe und Gewichte.

b) Sie ist unabhängig von der Schwingungsweite.

c) Sie ist der Quadratwurzel aus der Länge proportional.

d) Sie ist der Quadratwurzel aus g umgekehrt proportional.

Wenn keine Widerstände (Reibung, Widerstand der Luft) vorhanden wären, so würde sich der Punkt auf derselben Band bis ins Unendliche hin- und herbewegen.

§ 17. Arbeit und Energie

Arbeit (A) einer Kraft ist das Produkt aus der Kraft (k) und dem Wege (s), auf welchem die Kraft wirkt ($A = ks$). Dabei ist vorausgesetzt, dass der Weg in die Kraftrichtung fällt.

Von der Kraft, welche den Widerstand überwindet, sagt man, sie *leistet* Arbeit, von dem Widerstande — er *verbraucht* oder *verzehrt* Arbeit (leistet negative Arbeit). Die geleistete und verbrauchte Arbeit sind immer gleich.

Die in der Zeiteinheit geleistete Arbeit heisst *Effekt* (Arbeitsintensität). Die technische Einheit des Effekts ist die Pferdekraft (Pferdestärke, PS oder HP, englisch — horse power).

Lebendige Kraft. Die geleistete Arbeit ist gleich der Zunahme der lebendigen Kraft.

Die verbrauchte Arbeit ist gleich der Abnahme der lebendigen Kraft.

Arbeitsfähigkeit. Energie. Die lebendige Kraft ist eine Arbeitsfähigkeit, da der Massenpunkt vermöge derselben eine Arbeit zu leisten vermag. Ein Massenpunkt besitzt Arbeitsfähigkeit oder Energie entweder infolge einer Geschwindigkeit oder infolge einer Lagenveränderung.

Wir unterscheiden demnach *Energie der Bewegung* und *Energie der Lage.*

Die Energie der Bewegung heisst auch *aktuelle* oder *kinetische* Energie (Thomson) oder *lebendige Kraft* (Leibniz, 1686); diejenige der Lage heisst *potentielle* Energie (Thomson) oder *Spannkraft* (Helmholtz).

Prinzip der Erhaltung der Energie (Mayer, 1842; Helmholtz, 1847). Wenn verschiedene Massen aufeinander wirken, ohne dass sie von anderen Massen beeinflusst werden, so bleibt die Summe ihrer Energien dieselbe, oder: bei der Bewegung eines beliebig abgeschlossenen Systems ist die Summe der Energien konstant.

Es kann nur eine Verwandlung von potentieller und kinetischer Energie ineinander stattfinden.

Da auf das Weltall keine äusseren Massen beeinflussend einwirken können, so lässt sich der Satz in der von Clausius 1865 zuerst gegebenen Form aussprechen: die Energie des Weltalls ist konstant.

§ 18. Die allgemeine Schwere (Gravitation)

Die Keplerschen Gesetze. Kepler fand durch die Beobachtung des Planeten Mars (1609) folgende Gesetze, denen sämtliche Planeten bei ihrer Bewegung um die Sonne unterworfen sind:

a) Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren *einem* Brennpunkte die Sonne steht.

b) Der Leitstrahl eines jeden Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume (Sektoren).

c) Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich, wie die Kuben der grossen Achsen.

Gestützt auf diese von Kepler empirisch gefundenen Gesetze, untersuchte Newton die Wirkung beliebiger Massen aufeinander.

Das Newtonsche Gravitationsgesetz (1686). Jedes materielle Teilchen in Weltall zieht jedes andere Teilchen mit einer Kraft an, deren Richtung in die Verbindungslinie beider Teilchen fällt und deren Grösse dem Produkte der Massen direkt und dem Quadrate ihres Abstandes von einander umgekehrt proportional ist.

Die Erdschwere ist ein spezieller Fall der allgemeinen Schwere.

§ 19. Mechanik starrer Körper

Ein Körper heisst *starr*, wenn er keine Formveränderung (Deformation) zulässt. Ein starrer Körper kann zwei Bewegungen gleichzeitig vollführen — eine *fortschreitende* und eine *drehende*; ausserdem aber unterscheiden sich die bei ihm vorkommenden Krafterscheinungen von denen des Punktes dadurch, dass die

Kräfte an verschiedenen Punkten des Körpers angreifen können.

Die Gesamtheit mehrerer an einem starren Körper wirkenden Kräfte nennt man ein **Kraftsystem**.

Grundgesetze:

a) Zwei Kraftsysteme, welche einander das Gleichgewicht halten, sind gleich und entgegengesetzt.

b) Wenn zwei Kraftsysteme einem dritten einzeln das Gleichgewicht halten, so sind sie gleich und können miteinander vertauscht werden.

c) Die Wirkung von Kräften, welche an einen Körper angreifen, wird nicht geändert, wenn man beliebig viele Kräfte, die sich das Gleichgewicht halten (deren Resultante gleich Null ist) hinzufügt oder wegnimmt.

Kräfte in einer Ebene. Die Wirkung einer Kraft wird nicht geändert, wenn man den Angriffspunkt der Kraft auf der geraden Linie, welche durch die Richtung der Kraft bestimmt wird, beliebig verlegt.

Zwei sich schneidende Kräfte haben eine Resultante, welche sich nach dem Parallelogramm der Kräfte bestimmen lässt.

Zwei gleichgerichtete Kräfte haben eine Resultante, welche gleich der Summe der beiden Kräfte ist und die Verbindungslinie der beiden Angriffspunkte im umgekehrten Verhältnisse der beiden Kräfte teilt.

Zwei ungleiche entgegengesetzt gerichtete Kräfte haben eine Resultante, welche gleich der Differenz der beiden Kräfte ist und die Verlängerung der Verbindungslinie der Angriffspunkte im umgekehrten Verhältnis der beiden Kräfte teilt.

Zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete Kräfte haben keine Resultante (Resultante gleich Null, Angriffspunkt im Unendlichen).

Zwei solche Kräfte können daher nicht durch eine dritte ersetzt werden.

Man nennt sie ein **Kräftepaar** oder einen **Drehzwillich**.

Zwei Kräfte sind in Bezug auf die Drehung gleichwertig, wenn ihre Drehmomente gleich sind.

Zwei Kräfte halten sich das Gleichgewicht, wenn ihre Drehmomente entgegengesetzt gleich sind.

Das Moment der Resultanten beliebig vieler Drehkräfte in einer Ebene ist gleich der algebraischen Summe der Momente der Einzelkräfte.

Die Wirkung eines Kräftepaares ist unabhängig von der Lage des Drehpunktes. Ein Kräftepaar sucht stets zu drehen, auch wenn kein fester Drehpunkt vorhanden ist Es kann daher nicht im allgemeinen durch eine Einzelkraft ersetzt werden. Nur wenn in der Ebene ein fester Drehpunkt vorhanden ist, kann statt des Kräftepaares **eine** Drehkraft gesetzt werden.

Die Wirkung eines Kräftepaares hängt nicht von seiner Lage in der Ebene ab; ein Kräftepaar kann in seiner Ebene beliebig verlegt werden.

Zwei Kräftepaare sind gleichwertig, wenn sie gleiche Momente haben; sie heben sich auf, wenn sie entgegengesetzt gleiche Momente haben.

Kräftepaare in der Ebene lassen sich zu einem einzigen (resultierenden) Kräftepaare zusammensetzen, dessen Moment gleich der algebraischen Summe der Momente der einzelnen Kräftepaare ist.

Eine Kraft kann nach einem beliebigen Angriffspunkte parallel mit sich selbst in der Ebene verlegt werden, wenn man ein Kräftepaar hinzufügt, dessen Moment gleich dem Produkt aus der Kraft und dem Abstand des neuen Angriffspunktes von der Kraft ist.

Kräfte im Raum. Greifen mehrere Kräfte im Raume an demselben Punkte an, so ergibt sich ihre Re-

sultante, indem man nach dem Parallelogramm der Kräfte erst zwei Kräfte zusammensetzt, mit der hieraus resultierenden Kraft die dritte usw. (Parallelepiped der Kräfte).

§ 20. Die Wirkung der Schwere auf einen starren Körper

Ein starrer Körper bewegt sich unter dem Einfluss der Schwere so, als ob seine Masse im Schwerpunkt vereinigt wäre.

Damit Gleichgewicht vorhanden sei, muss der Körper so befestigt werden, dass die Resultante der Schwerkräfte durch den Befestigungspunkt geht. Die Befestigung kann von dreifacher Art sein.

1. *Befestigung in einem Punkte.*

a) Der feste Punkt liegt senkrecht über dem Schwerpunkte. Das Gleichgewicht heisst in diesem Falle *sicher* (stabil). Bei einer Lagenveränderung hebt sich der Schwerpunkt.

b) Der feste Punkt liegt senkrecht unterhalb des Schwerpunktes. Das Gleichgewicht heisst *schwankend* (labil). Bei einer Lagenveränderung senkt sich der Schwerpunkt.

c) Der feste Punkt fällt mit dem Schwerpunkt zusammen. Das Gleichgewicht heisst *unbestimmt* (indifferent). Bei einer Lagenveränderung ändert der Schwerpunkt seine Höhe nicht.

2. *Befestigung an einer Achse.* Gleichgewicht ist vorhanden, wenn die Schwerkraft nach einem Punkte der Achse verlegt werden kann. Auch hier können die drei Arten des Gleichgewichts vorkommen.

3. *Befestigung in einer Fläche.* Bei dauernder Befestigung ist der Körper immer im Gleichgewicht. Steht der Körper auf einer Fläche, so ist Gleichgewicht vorhanden, wenn der Schwerpunkt senkrecht über der Unterstützungsfläche liegt.

Empirische Schwerpunktbestimmung. Man hänge den Körper nacheinander an zwei Punkten auf. Die Senkrechten durch die Aufhängepunkte gehen durch den Schwerpunkt, ihr Schnitt ist also der Schwerpunkt.

Die *Standfestigkeit* eines auf einer Unterlage stehenden Körpers ist der Widerstand, den der Körper dem Umwerfen entgegensetzt. Er ist offenbar gleich der Arbeit, welche geleistet werden muss, um den Schwerpunkt bis in die labile Gleichgewichtslage zu heben.

Die Standfestigkeit ist um so grösser a) je grösser das Gewicht des Körpers ist, b) je tiefer sein Schwerpunkt liegt, c) je grösser der Abstand des Drehpunktes von der Schwerlinie ist.

Bewegung starrer Körper. Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes (Huyghens, Newton). Durch die gegenseitige Einwirkung der Körper (oder Teile) eines Massensystems (d. h. durch die inneren Kräfte) wird die Lage (oder Bewegung) des Schwerpunktes nicht geändert.

Wirken auf einen freien starren Körper (System) beliebig viele Kräfte, so kann man dieselben sämtlich nach dem Schwerpunkte verlegen, indem man für jede das ergänzende Kräftepaar hinzufügt.

Jeder Körper, welcher über dem Schwerpunkt drehbar befestigt (stabil oder sicher aufgehängt) ist, bildet ein physisches Pendel.

Der Schwingungsmittelpunkt eines physischen Pendels liegt tiefer als der Schwerpunkt.

Drehung um freie Achsen. Ist ein Körper in Bezug auf eine Ebene derart symmetrisch, dass jedem beliebigen Massenpunkte ein in Bezug auf die Ebene symmetrischer gleich schwerer Massenpunkt entspricht, so ist die durch den Schwerpunkt senkrecht zur gegebenen Ebene gezogene Gerade eine *freie Achse.*

Die freie Achse eines ruhenden Körpers lässt sich durch die geringste Kraft aus ihrer Lage bringen. Die freie Achse

eines rotierenden Körpers setzt einer Kraft, welche ihre Lage zu ändern sucht, einen Widerstand entgegen, der mit der Winkelgeschwindigkeit der Rotation wächst.

§ 21. Von den Maschinen

Das Prinzip der virtuellen Arbeiten (Geschwindigkeiten). Kräfte halten sich an einem ruhenden oder bewegten Körper das Gleichgewicht, wenn sie auf die Ruhe oder Bewegung ohne Einfluss sind.

Verschiebungen eines Punktes eines Systems, welche mit der Natur der Verbindungen des Systems und miteinander verträglich sind, heissen virtuelle Verschiebungen, die Projektionen der virtuellen Verschiebungen auf die Kräfterichtungen heissen virtuelle Wege. Die erwähnte Grundbedingung für das Gleichgewicht von Kräften wird daher das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten oder das Prinzip der virtuellen Arbeiten genannt. Es lässt sich, wie folgt, ausdrücken:

a) Kräfte sind in einem ruhenden System im Gleichgewicht, wenn bei einer unendlich kleinen Verschiebung des ganzen Systems die algebraische Summe der von den Kräften geleisteten, bezw. erlittenen, Arbeiten gleich Null ist.

b) Kräfte sind in einem bewegten System im Gleichgewicht, wenn während jedes einzelnen Zeitteilchens die algebraische Summe der von den Kräften geleisteten, bezw. erlittenen, Arbeiten gleich Null ist.

Das Prinzip der virtuellen Arbeiten ist eine unmittelbare Folge des Prinzips der Erhaltung der Energie.

Bei allen Maschinen, welche sich in einem gleichförmigen Bewegungszustand befinden, halten sich die Kräfte und Widerstände in jedem Augenblick das Gleichgewicht, so dass die Maschinen sich so bewegen, als wenn die Kräfte nicht vorhanden wären. Kräfte und Widerstände erfüllen dann vollkommen die Bedingung, welche das Prinzip der virtuellen Arbeiten vorschreibt.

Wendet man das Prinzip auf die einfachen Maschinen an, so ergibt sich die goldene Regel der Mechanik: bei einer Verschiebung ist die Arbeit der Kraft P gleich der Arbeit der Last Q.

Was an Kraft gewonnen wird, geht an Weg oder Zeit verloren.

Die einfachen Maschinen sind:

Die Rolle: a) die feste Rolle, b) die bewegliche Rolle, c) der Flaschenzug.

Der Hebel: die gleicharmige Hebelwage; die römische Schnellwage; die Brückenwage (Dezimal-, Zentesimalwage usw.); die Robervalsche Wage (Tafelwage).

Das Wellrad, die Winde. Die schiefe Ebene. Der Keil. Die Schraube.

§ 22. Hindernisse der Bewegung

Ausser der Reibung und des Widerstandes des Mittels ist noch ein drittes Hindernis zu erwähnen, welches bei der Übertragung der Bewegung von einem Körper auf den anderen eintritt. Durch die Kohäsion der Träger (der Seile oder Riemen), welche fortwährend gebogen und wieder gestreckt werden müssen, wird eine Gegenkraft erzeugt, welche Steifigkeit der Seile genannt wird.

Die Reibung ist abhängig von dem Stoffe der reibenden Körper. Sie ist um so grösser, je rauher und weicher die Körper sind; durch Polieren und Schmieren (Ausfüllen der Vertiefungen) wird sie kleiner, durch Erwärmen — grösser. Sie wächst im Verhältnis zum Drucke, da die Unebenheiten bei grösserem Drucke tiefer ineinander dringen.

Sie ist bei gleichem Drucke unabhängig von der Grösse der sich berührenden Flächen. In demselben Verhältnisse, in welchem die Zahl der Unebenheiten vermehrt wird, wird der Druck auf dieselben vermindert.

Sie ist grösser bei dem Übergange aus der Ruhe in die Bewegung, als während der letzteren. In Ruhe dringen die Unebenheiten mehr ineinander. Sie ist innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung. Der Widerstand, den die Reibung beim Druck 1 leistet, heisst **Reibungskoeffizient.**

1. Für **gleitende Reibung** hat man u. a. folgende Reibungskoeffizienten gefunden.

(Im Mittel)	Von Ruhe aus	In der Bewegung
Holz auf Holz ungeschmiert	0,50	0,34
» » » mit Seife geschmiert	0,33	0,15
» » » mit Schweineschmalz geschm . . .	0,21	0,07
» » Metall ungeschmiert	0,60	0,42
» » » mit Talg geschmiert	0,12	0,08
Metall auf Metall ungeschmiert	0,18	0,18
» » » mit Öl geschmiert	0,12	0,07
» » » mit Wasser benetzt	—	0,31
Leder auf Holz od. Metall ungeschmiert	0,54	0,40
» » » » mit Öl geschm	0,28	0,16

2. Die **Zapfenreibung** ist eine Art gleitende Reibung. Beim Schmieren mit Öl ist der Koeffizient für Bronze auf Bronze 0,097, Schmiedeeisen auf Bronze 0,075, Gusseisen auf Gusseisen 0,07, ebenso für Schmiedeeisen auf Gusseisen. Sie ist durchschnittlich viel geringer als die gleitende Reibung, und kleiner bei alten als bei neuen Zapfen, weil die Unebenheiten sich allmählich abschleifen.

3. Die **rollende Reibung** ist erfahrungsmässig proportional dem Drucke und umgekehrt proportional dem Halbmesser des rollenden Zylinders. Sie ist geringer als die beiden vorhergehenden Arten. Der Koeffizient ist für Buchenholz auf Eichenholz 0,018, Ulmenholz auf Eichenholz 0,031, gusseiserne Räder auf gusseisernen Schienen 0,018. Es findet eine grosse Ersparnis an Kraft statt, wenn man die gleitende Reibung in rollende verwandelt. Will

man den Widerstand vermehren, so verfährt man umgekehrt (Hemmschuh, Bandbremsen).

Widerstand des Mittels. Im allgemeinen ist der Widerstand der Grösse des zur Bewegung senkrechten Querschnitts der Dichtigkeit des Mittels und dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional.

Der Körper wird den Widerstand um so besser überwinden, je kleiner der Querschnitt und je grösser seine eigene lebendige Kraft ist.

29-IX-47

§ 23. Mechanik der Aggregatzustände

Man unterscheidet drei Klassen (Aggregatzustände) der Naturkörper:

a) **Die festen Körper** setzen sowohl der Volumveränderung als auch der Formveränderung einen grossen Widerstand entgegen.

b) **Die flüssigen Körper** setzen der Volumveränderung einen grossen, dagegen der Formveränderung nur einen kleinen Widerstand entgegen.

c) **Die gasförmigen Körper** setzen sowohl der Volumveränderung als auch der Formveränderung nur einen kleinen Widerstand entgegen.

Der Unterschied zwischen den drei Klassen ist nicht scharf, es findet vielmehr ein allmählicher Übergang von der einen zur anderen statt.

Mechanik fester Körper (in Hinsicht der inneren Kräfte)

1. **Elastizität.** Die Elastizität ist die Art der Kohäsion, welche die Teilchen eines Körpers befähigt nach Störung des Gleichgewichts in die frühere Lage zurückzukehren.

2. Der **Stoss.** Bei jedem Stosse ist in einem jeden Augenblicke die Bewegungsgrösse beider Körper zusammengenommen gleich gross.

3. *Festigkeit* ist der Widerstand, welchen die Kohäsion dem Trennen der Teile entgegensetzt.

a) *Zug- oder absolute Festigkeit* (gegen das Zerreissen). Sie ist dem Querschnitt proportional und unabhängig von der Länge.

Unter *Modul* oder Koeffizient der Zugfestigkeit versteht man die Minimalkraft, bei welcher ein Stab vom Querschnitte 1 zerreisst.

In der Technik wird als Krafteinheit das Kilogrammgewicht, als Querschnittseinheit das Quadratmillimeter genommen.

Festigkeitsmoduln im technischen System bei langsamer Belastung: Stahl 70; Eisendraht 61,1; Eisen geschmiedet 46,9; Kupferdraht 40,3; Blei gegossen 1,25; Eiche 6,5; Weissbuche 3,6; Weisstanne 4,2; Hanfseil 3,0. пенька

Die Bearbeitung ist von Einfluss. Durch Hämmern, Walzen, Drahtziehen wird die Festigkeit der Metalle erhöht, durch Erhitzen und langsames Belasten vermindert.

Unter dem *Sicherheitsmodul*, der für die Praxis wichtiger ist, versteht man die Maximalkraft, welche an einem Stabe vom Querschnitte 1 ziehen kann, ohne dessen Gestalt merklich zu verändern. Er beträgt bei Metallen ungefähr $^1/_6$, bei Hölzern $^1/_{10}$ des Festigkeitsmoduls.

b) *Druck- oder rückwirkende Festigkeit* (gegen das Zerdrücken). Sie ist dem Querschnitte proportional und wirkt durch seitliche Verschiebung; hohe Prismen biegen sich, ehe sie zerbrechen. Der Modul bezieht sich auch hier wieder auf den Querschnitt 1. Es ist naturgemäss schwerer ihn zu ermitteln als im vorigen Falle.

Einige technische Moduln: Backstein (Ziegelstein) 0,67 — 1,27; Sandstein 0,23—1,80; Kalkstein 1,05—14,03; Marmor 8,58—10,41; Granit 10,08—17,31; Porphyr 24,78; Gusseisen 57—102; Pappel 3,60; Birke 4,50; Rottanne 4,63; Fichte 4,77; Nussbaum 5,08; Weisstanne 5,13; Buche 6,58; Eiche 7,07.

Der Sicherheitsmodul beträgt bei Metallen $^1/_5$, bei Hölzern $^1/_{10}$ des Festigkeitsmoduls.

c) *Biegungs-, Bruch- oder relative Festigkeit* (gegen Zerbrechen durch Biegen).

Sie werden untersucht, wie die Biegungselastizität, indem man einen Balken an dem einen Ende befestigt und das andere Ende belastet. Er bricht an dem befestigten Ende. Der Modul ist die Kraft, welche am Ende eines einseitig befestigten Würfels von der Kantenlänge 1 denselben eben zerbricht.

Die doppelte Breite gibt nur die doppelte, die doppelte Höhe — die vierfache Festigkeit. Brückenträger, Wagenbalken, Tragschienen, Maschinenteile erhalten deshalb T-förmige (T) oder doppelt-T-förmige (I) Gestalt. Hohle Knochen, Röhren tragen mehr als massive Stangen von demselben Material und Gewicht.

Einige technische Moduln (Volumeneinheit 1 cm^3, Krafteinheit in *kg*): Gusseisen 32; Tanne 4,4; Buche 6,6; Eiche 7; Esche 8,5. (ясень)

Sicherheitsmodul bei Metallen $^1/_5$, bei Hölzern $^1/_{10}$ des Festigkeitsmoduls. Wird ein Balken an beiden Enden unterstützt, so wird die Festigkeit viermal so gross. *)

твердость *Härte* ist der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen in seine Oberfläche entgegensetzt. Den Grad der Härte pflegt man nach einer willkürlich gewählten Skala (Mohs, 1832) anzugeben. Als Grade nimmt man die Härte folgender Mineralien an: (произвольно)

Talk 1, Gips 2, Kalkspat 3, Flusspat 4, Apatit 5, Feldspat 6, Quarz 7, Topas 8, Korund 9, Diamant 10. (шкала твердости)

§ 24. Mechanik flüssiger Körper

1. *Gleichgewicht flüssiger Körper* (*Hydrostatik*).

Der Verkleinerung des Volumens widerstehen die Flüssigkeiten mit so grossen Kräften, dass man sie lange

*) при поддержке балки в обоих концах прочность учетверяется (против заделанной в одном конце)

Zeit für unzusammendrückbar hielt. Örsted gelang es (1822) ihre Zusammendrückbarkeit nachzuweisen.

Die Oberfläche einer freien Flüssigkeit auf der Erdoberfläche bildet ein Stück einer Kugeloberfläche.

Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich nach allen Seiten gleichmässig fort.

Unter *hydrostatischem Drucke* versteht man den auf die Flächeneinheit in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche ausgeübten Druck.

In zusammenhängenden Gefässen steht dieselbe Flüssigkeit überall gleich hoch.

Archimedisches Prinzip. Jeder Körper verliert in einer Flüssigkeit scheinbar soviel von seinem Gewichte, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt.

Bei einem schwimmenden Körper ist das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit gleich seinem Eigengewichte.

Unter *spezifischem Gewichte* versteht man das Gewicht der Volumeneinheit.

Absolute Dichte ist die Masse (Menge des Stoffes) der Volumeneinheit.

Relative Dichte ist die Zahl, welche angibt, wieviel mal so viel Masse ein Körper besitzt als ein gleiches Volumen eines anderen Körpers.

Da an demselben Orte der Erdoberfläche die Massen sich wie ihre Gewichte verhalten, so ist die relative Dichte auch die Verhältniszahl der *Gewichte* gleicher Volumina.

In der Regel bezieht man die relativen Dichten auf Wasser von 4° C.

Im technischen System fallen die Masszahlen der spezifischen Gewichte mit den Zahlen der relativen Dichten zusammen, daher die häufig vorkommenden Verwechselungen dieser Begriffe.

Einige relative Dichten: Platina 21,50; Gold 19,32; Blei 11,37; Silber 10,53; Kupfer 8.92; Eisen 7,86; Zinn 7,29; Zink 7,15; Aluminium 2,60; Ebenholz 1,19; Eichenholz 0,95; Lindenholz 0,56; Kork 0,24; Quecksilber 13,55; Schwefelsäure 1,85; Salpetersäure 1,55; Wasser 1,00; Olivenöl 0,19; Alkohol abs. 0,79; Schwefeläther 0,73.

§ 25. Bewegung flüssiger Körper

Eine Flüssigkeit fliesst aus einer Öffnung im dünnwandigen Boden eines Gefässes mit einer Geschwindigkeit aus, die so gross ist, als wenn sie die ganze Flüssigkeitshöhe durchfallen hätte. Die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Natur der Flüssigkeit (Torricelli, 1641).

In einer Röhre mit veränderlichem Querschnitte verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Querschnitte.

Eine durch eine Röhre strömende Flüssigkeit übt auf die Röhrenwände nicht den Druck aus, den sie im ruhenden Zustande ausüben würde. Der hydrostatische Druck an einer bestimmten Stelle ist vielmehr um die Druckhöhe vermindert, welche die an der Stelle vorhandene Geschwindigkeit erzeugen würde (Bernoulli, 1738).

Auf das Fliessen in Röhren hat die Reibung grossen Einfluss, da sie einen Teil der Druckarbeit verzehrt.

§ 26. Mechanik gasförmiger Körper

Gleichgewicht gasförmiger Körper (Aerostatik). Die Gase unterscheiden sich wesentlich von den Flüssigkeiten durch die leichte Zusammendrückbarkeit und das Bestreben sich auszudehnen. Alle auf der leichten Verschiebbarkeit der Teilchen beruhenden Gesetze der Flüssigkeiten gelten auch von Gasen.

Mariottesches Gesetz. Druck und Umfang einer Gasmasse stehen im umgekehrten Verhältnisse. Das Produkt aus Druck und Umfang ist konstant. Die Dichte eines Gases steht im geraden Verhältnisse zu dem auf dasselbe

ausgeübten Drucke, oder: die Dichten verhalten sich wie die Spannkräfte.

Die Dichte einiger Gase bei 0° und unter dem Drucke einer Atmosphäre:

Luft	1
Sauerstoff (O)	1,10531
Stickstoff (N)	0,97026
Wasserstoff (H)	0,06923

Archimedisches Prinzip. Ein Körper verliert in der Luft so viel von seinem Eigengewichte, als die von ihm verdrängte Luftmasse wiegt.

Die *Manometer* sind Apparate um den Druck der Gase oder Dämpfe zu messen.

Daltonsches Gesetz (1802). Der Gesamtdruck zweier in demselben Raume befindlicher Gase ist gleich der Summe der Einzeldrücke. Die Gase verhalten sich also in mechanischer Hinsicht so, als ob jedes allein den Raum erfüllte.

§ 27. Wellenlehre

Die Wellenbewegung ist ein Spezialfall der einfachen harmonischen Bewegung oder der Sinusschwingung. Die Bezeichnungen: *Wellenlinie*, *Wellenberg*, *Wellental* usw. sind von den Flüssigkeitswellen entnommen, weil diese eine ähnliche fortschreitende Bewegung zeigen.

Schwingungen kommen erst zustande, wenn die Störungen sich periodisch wiederholen.

Wellenlänge ist der Abstand zweier in gleicher Phase befindlicher Teilchen, *Schwingungsweite* ist die weiteste Entfernung des schwingenden Teilchens von der Ruhelage desselben.

Trifft eine Welle auf ein *dichteres* Mittel, so entstehen zwei Wellen: eine, die mit unveränderter Phase in dem neuen Mittel fortschreitet, und eine zurückgeworfene,

welche in entgegengesetzter Richtung mit *gleicher* Phase in das frühere Mittel zurückkehrt. Wird ein Teilchen von zwei Wellen getroffen, so setzen sich die Bewegungen, in welche dasselbe von den einzelnen Wellen versetzt werden würde, nach dem Parallelogramm der Bewegungen zusammen. Die Zusammensetzung zweier oder mehrerer Wellen zu einer einzigen heisst *Interferenz der Wellen*.

Die Stärke der Welle nimmt mit dem Quadrate der Entfernung von dem Erregungspunkte ab.

§ 28. Die Lehre vom Schalle (Akustik)

Der Schall entsteht dadurch, dass die schwingende Bewegung eines elastischen Körpers auf die Luft übertragen wird. Der Schall pflanzt sich im luftleeren Raume nicht fort.

Die *Zahl der Saitenschwingungen* steht: a) in umgekehrtem Verhältnisse zur Länge der Saiten; b) in umgekehrtem Verhältnisse zur Dicke derselben; c) in direktem Verhältnisse zur Quadratwurzel aus dem spannenden Gewichte; d) in umgekehrtem Verhältnisse der Quadratwurzel aus der Dichte des Materials.

Die *Geschwindigkeit* des Schalles in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur beträgt ungefähr 340 Meter in der Sekunde.

In festen Körpern ist die Schallgeschwindigkeit viel grösser als in der Luft.

§ 29. Die Lehre vom Lichte (Optik)

Die Geschwindigkeit des Lichtes ist durch astronomische und terrestrische Beobachtungen zu ungefähr 300 000 Kilometer in der Sekunde gefunden worden.

Die Beleuchtungsstärke unter sonst gleichen Umständen ist der Stärke der Lichtquelle proportional und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

Die Stärke der Beleuchtung steht im direkten Verhältnisse zum Cosinus des Einfallswinkels.

Die Beleuchtung hängt ferner ab von der Zurückwerfungsfähigkeit der beleuchteten Fläche und der Stärke der Absorption (der Aufsaugung) in dem durchstrahlten Mittel.

Der einfallende Strahl und der zurückgeworfene Strahl liegen in einer Ebene und der Einfallswinkel ist dem Ausfallswinkel gleich.

Die Zurückwerfung des Lichtes wird an Spiegeln erforscht. Es gibt ebene Spiegel, Sammelspiegel (konkave Spiegel, Hohlspiegel) und Zerstreuungsspiegel (konvexe, erhabene Spiegel).

Brechungsgesetz (von Snell aufgefunden, von Descartes 1637 veröffentlicht). Trifft ein Lichtstrahl die ebene Begrenzungsfläche eines zweiten Mittels, so wird er so gebrochen, dass der gebrochene Strahl in der Einfallsebene liegt und der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels in einem konstanten Verhältnisse steht, welches den Namen Brechungsexponent oder Brechungsindex trägt.

Durch ein Prisma werden die Strahlen zweimal gebrochen. Die zweite Ablenkung kann die erste verstärken, unverändert lassen oder schwächen. Ausser der Brechung tritt Farbenzerstreuung auf.

Zur Erforschung der Strahlenbrechung werden durchsichtige Glaslinsen verwendet. Man unterscheidet Sammellinsen (konvexe, positive Linsen): bikonvexe (doppelterhabene), plankonvexe (ebenerhabene), konkavkonvexe (hohlerhabene) und Zerstreuungslinsen (konkave, negative Linsen): bikonkave (doppelthohle), plankonkave (ebenh hle), konvexkonkave (erhabenhohle).

Farbige Strahlen werden verschieden stark gebrochen (haben verschiedene Brechungsexponenten). Der Brechungsexponent nimmt von den roten nach den violetten Strahlen des Spektrums hin zu.

Die Schwingungszahl der farbigen Strahlen ist um so grösser und ihre Wellenlänge um so kleiner, je stärker sie gebrochen werden.

§ 30. Die Lehre von der Wärme (Kalorik)

Ausdehnung. Die Ausdehnung der Metalle nimmt mit steigender Temperatur etwas zu; da diese Zunahme zwischen 0° und 100° sehr unbedeutend ist, so kann ohne praktisch erheblichen Fehler angenommen werden, dass die Ausdehnung der Metalle zwischen 0° und 100° regelmässig im Verhältnisse zur Länge und zur Temperatur erfolgt.

Die Zahl, welche angibt, um den wievielten Teil seiner Länge sich ein Stab bei der Temperaturerhöhung um 1° ausdehnt, heisst Ausdehnungskoeffizient. Der kubische Ausdehnungskoeffizient ist das Dreifache des linearen.

Bei flüssigen und gasförmigen Körpern kann nur vom kubischen Ausdehnungskoeffizient die Rede sein.

Ausdehnung der Gase. Gay Lussacsches Gesetz (1802). Die Ausdehnung der Gase steht im direkten Verhältnisse zur Temperaturzunahme. Der Ausdehnungskoeffizient ist für alle Gase annähernd derselbe ($0{,}00367 = {}^1/_{273}$).

Die Temperatur — 273° bezeichnet man als absoluten Nullpunkt und die von da gemessene Temperatur—als absolute Temperatur. Die Volumina einer Gasmenge verhalten sich direkt wie die absoluten Temperaturen und umgekehrt wie die Drücke.

§ 31. Änderung des Aggregatzustandes

Schmelzen und Erstarren. Während des Vorganges des Schmelzens bleibt das Thermometer stehen; die zugefügte Wärme ist also scheinbar verschwunden (latent

geworden); sie hat die Arbeit geleistet, welche nötig war um den Zusammenhang der Moleküle soweit zu lockern, dass dieselben in den flüssigen Zustand übergingen.

Die Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 *g* Wasser um 1^0 C zu erwärmen, heisst eine kleine Wärmeeinheit oder kleine Kalorie; die grosse Kalorie beträgt das Tausendfache der kleinen. Die Schmelzwärme des Eises beträgt 80 Kalorien.

Bei jedem Übergang in den flüssigen Zustand wird zur Leistung der betreffenden Arbeit Wärme verbraucht, die, wenn sie nicht von aussen zugeführt wird, der Umgebung entnommen wird. Die beim Auflösen verbrauchte Wärme heisst Auflösungswärme.

Die Temperatur, bei welcher das Erstarren geschieht, ist identisch mit dem Schmelzpunkte. Die Änderung des Umfanges ist der beim Schmelzen entgegengesetzt.

Verdampfen und Verdichten. Jeder Raum kann bei einer bestimmten Temperatur nicht mehr als eine bestimmte Dampfmenge aufnehmen. Enthält ein Raum soviel Dampf, als er bei der betreffenden Temperatur aufzunehmen vermag, so nennt man ihn mit Dampf gesättigt, der Dampf selbst heisst gesättigter Dampf.

Die Spannkraft des gesättigten Dampfes eines Stoffes heisst dessen Dampfspannung.

Mit steigender Temperatur wächst die Spannkraft. Wenn sie die Grösse des Atmosphärendrucks erreicht hat, können die Dämpfe aus dem Inneren entweichen: die Flüssigkeit siedet.

Eine Flüssigkeit siedet, wenn die Dampfspannung gleich dem äusseren Drucke geworden ist.

Von Luft befreite Flüssigkeiten können über den jeweiligen Siedepunkt erhitzt werden, ohne dass sie sich in Dampf verwandeln. Diese Erscheinung heisst Siedeverzug. Die Dampfentwickelung tritt nach Aufhören des Siedeverzuges mit grosser Heftigkeit ein.

Verzug = задержка
сила

Während des Siedens bleibt der Stand des Thermometers unverändert; die zugefügte Wärmemenge ist also scheinbar verschwunden (latent geworden); sie hat die Arbeit geleistet, welche nötig war, um die flüssigen Moleküle in den gasförmigen Zustand überzuführen. Sie heisst Verdampfungswärme. Beim Übergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand scheint diese Wärme wieder frei zu werden. Die Verdampfungswärme des Wassers ist = 537 Kalorien.

Auch beim Verdunsten wird Wärme verbraucht. Wenn dieselbe nicht von aussen zugeführt wird, so wird sie der Umgebung entnommen (Verdunstungskälte).

Die Temperatur, bei welcher der Dampf dieselbe Dichtigkeit hat, wie die Flüssigkeit, heisst die kritische Temperatur; der Druck, der dabei nötig ist, um die Flüssigkeit am Sieden zu verhindern, heisst der kritische Druck; der Umfang der Masseneinheit in diesem Zustande — das kritische Volumen. In dem kritischen Zustande ist ein Unterschied zwischen der Flüssigkeit und dem Dampfe nicht zu erkennen.

Bei gleichen Massen dessen Stoffes sind die Wärmemengen der Temperatur annähernd proportional.

Gleiche Massen verschiedener Stoffe enthalten bei gleicher Temperatur verschiedene Wärmemengen.

Man nennt die Zahl der Wärmeeinheiten, welche nötig sind, um bei 1 *atm* Druck 1 *kg* einer Substanz um 1^0 C zu erwärmen, die spezifische Wärme oder die Wärmekapazität der Substanz. (теплоёмкость)

Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Atom um 1^0 zu erwärmen, nennt man die Atomwärme.

Das Dulongsche Gesetz (1818). Die Atomwärmen aller einfachen Körper sind gleich gross.

Beim Ausdehnen eines Gases wird Wärme verbraucht, beim Zusammendrücken eines Gases erwärmt sich dasselbe.

29-IX-46
29-IX-47

§ 32. Die Fortpflanzung der Wärme

Die Wärme pflanzt sich durch *Leitung*, *Strömung* und *Strahlung* fort. Ein Körper, der Wärme aufnimmt oder abgibt, nimmt diejenige Temperatur an, bei welcher die Summe seiner Wärmeaufnahme gleich der Summe seiner Wärmeabgabe ist.

Ausserdem kann einem Körper Wärme zugeführt werden durch Bewegungshindernisse, durch elektrische Strömungen, durch Verdichtung im gasförmigen und Erstarrung im flüssigen Zustande, durch chemische Prozesse und durch Umwandlung von Licht in Körperwärme.

Die mechanische Energie und die Wärme sind gleichwertig (äquivalent). Wärme ist die lebendige Kraft der Molekularbewegung.

Die kinetische Gastheorie (Krönig, 1856; Clausius, 1857 und Maxwell).

In festen Körpern schwingen die Moleküle um eine Gleichgewichtslage; Wärmezufuhr bedingt eine Zunahme der lebendigen Kraft (grössere Schwingungsweite, schnellere Schwingungen); eine Abnahme der lebendigen Kraft macht sich als Temperaturverminderung bemerklich.

In flüssigen Körpern erfolgen die Schwingungen bis an die Grenzen der Nachbarmoleküle und über dieselben hinaus; es kommen also zu den schwingenden Bewegungen fortschreitende hinzu.

In Gasen ist die Bewegung eine fortschreitende, bis ein Hindernis entgegentritt, an welchem die Moleküle abprallen.

Erster Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Die Energie ist unvergänglich wie der Stoff; sie ist an Stoff gebunden, kann weder neu erzeugt noch vernichtet, aber von einem Körper auf den anderen übertragen werden und von einer Form in die andere übergehen. Die Energie des Weltalls ist konstant.

Bei der chemischen Verbindung von Stoffen wird eine bestimmte Wärmemenge erzeugt, die *Verbindungswärme*

Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme heisst *Verbrennungswärme.*

§ 33. Die Lehre vom Magnetismus und von der Elektrizität

A. *Magnetismus.* Die magnetische Anziehung äussert sich vorzugsweise an den Polen. Ein in wagerechter Ebene frei beweglicher Magnet richtet sich mit dem einen Ende nach Norden (Magnetnadel). Ein Stück Eisen, das einem Magnet genähert wird, wird selbst zum Magnet (Influenz, Magnetisierung).

Die Teile eines Magnets sind wieder vollständige Magnete.

Coulombsches Gesetz (1784). Die Kraft, mit der zwei Magnetpole anfeinander wirken, steht in geradem Verhältnisse zu den magnetischen Mengen und in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung.

Der Raum, innerhalb dessen ein magnetischer Körper eine Wirkung ausübt, heisst sein *magnetisches Feld.*

Das *Potential* einer magnetischen Menge an irgend einer Stelle ihres Feldes ist die Arbeit, welche geleistet werden muss, um die positive magnetische Einheit aus dem Unendlichen bis zu dieser Stelle zu bewegen.

Das Potential einer magnetischen Menge in einem gegebenen Punkte erhält man, wenn man die mit ihrem Vorzeichen ($\pm$) versehene magnetische Menge durch den Abstand des gegebenen Punktes dividiert ($V = \pm m/r$).

Flächen, welche Punkte gleichen Potentials miteinander verbinden, heissen *Niveauflächen* oder *Gleichgewichtsflächen.*

§ 34. Die Reibungs-Elektrizität (Elektrostatik)

Coulombsches Gesetz. Die elektrischen Kräfte verhalten sich direkt wie die Mengen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.

Im G. C. S.-System (d. h. Centimeter-Gramm-Sekunden-System) ist die elektrostatische Einheit diejenige Elektrizitätsmenge, welche auf eine gleichgrosse Menge in der Entfernung von 1 *cm* die Kraft einer Dyne ausübt.

Statt dieser Einheit braucht man in der Praxis eine auf anderer Grundlage beruhende Einheit, welche 3×10^9 mal so gross ist und ein Coulomb genannt wird.

Unter dem elektrischen Potential in einem bestimmten Punkte eines elektrischen Feldes versteht man die Arbeit, welche nötig ist, um die Einheit der positiven Elektrizität aus dem Unendlichen in diesen Punkt zu bringen. Die Niveauflächen eines elektrischen Punktes sind Kugelflächen um den Punkt, die Kraftlinien sind Radien.

Im G. C. S.-System besteht zwischen zwei elektrischen Punkten die Einheit des Potentialunterschiedes, wenn die elektrische Mengeeinheit bei der Verschiebung von einem Punkte zum anderen die Arbeit 1 Erg erfordert, bezw. leistet.

Als technische Einheit des Potentials benutzt man das $1 : (3 \times 10^9)$-fache der vorigen Einheit und bezeichnet diese mit dem Namen Volt.

Zwischen zwei Punkten besteht nur dann eine elektromotorische Kraft, wenn zwischen ihnen eine Potentialdifferenz vorhanden ist.

Die Kraft ist um so grösser, je grösser für dieselbe Strecke die Potentialdifferenz (das Potentialgefälle) ist.

Körper, in denen die Elektrizität dem Zuge der elektrischen Kräfte frei folgen kann, heissen Leiter (Konduktoren); solche, in welchen dem Zuge ein unüberwindlicher Widerstand entgegengesetzt wird, heissen Nichtleiter (Isolatoren). Zwischen beiden Arten gibt es keine scharfe Grenze. Es gibt weder vollkommene Leiter, noch vollkommene Nichtleiter.

Ist die einem Leiter mitgeteilte Elektrizität im Gleichgewichte, so befindet sie sich nur an der Oberfläche.

Eine geladene Kugel (Kugelschale) wirkt nach aussen so, als ob die ganze Menge im Mittelpunkte vereinigt wäre. Die Elektrizität ist auf einer geladenen Kugel gleichmässig verteilt.

Das Potential wächst proportional der Ladung.

Diejenige Ladung (Anzahl der Coulomb), welche einen Leiter auf das Potential 1 bringt, heisst die Kapazität des Leiters.

Man bezieht sämtliche Potentialdifferenzen auf den Zustand der Erde und setzt das Potential der Erde gleich Null.

§ 35. Die Berührungs-Elektrizität (Elektrodynamik)

Die durch die chemischen Kräfte erzeugte Potentialdifferenz bleibt erhalten, welches auch das Potential der Elektrizität an dem einen Pole sein mag.

Die Elektrizitätsmenge, welche in jeder Sekunde durch jeden Querschnitt einer geschlossenen Leitung hindurchgeht, heisst Stromstärke oder Stromintensität.

Die Stromstärke ist in allen Teilen einer geschlossenen Leitung dieselbe.

Das Ohmsche Gesetz (1826). Die Stromstärke in einem beliebigen Stromkreise ist gleich dem Quotienten aus der elektromotorischen Kraft und dem Widerstande.

Die Stromstärke (Menge der ausgeglichenen Elektrizität) ist der Menge des in der Zeiteinheit entwickelten Wasserstoffes (bezw. Knallgases) proportional.

Das Joulesche Gesetz (1841). Die Erwärmung eines Stromkreises ist dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande proportional.

Elektrolytische Gesetze (Faraday, 1833—1834). Die von einem Strome in der Zeiteinheit zersetzte Menge

eines Stoffes ist der Stromstärke proportional. Lässt man denselben Strom durch verschiedene Elektrolyte gehen, so verhalten sich die in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Gewichtsmengen wie die chemischen Äquivalentzahlen (Quotienten aus Atomgewicht und Wertigkeit).

Die Ampereschen Gesetze. Gleichgerichtete Ströme ziehen einander an, entgegengesetzt gerichtete Ströme stossen einander ab.

Gekreuzte Ströme suchen sich parallel zu stellen.

Faradays Induktionsgesetz. Bewegt sich ein Drahtring in einem magnetischen oder elektrischen Felde so, dass die Anzahl der durch seine Fläche hindurchgehenden Kraftlinien vermehrt wird, so entsteht ein Induktionsstrom, der für einen gegen die Kraftlinien sehenden Beobachter rechtsherum kreist; bewegt sich dagegen der Ring so, dass die Anzahl der Kraftlinien sich vermindert, so bewegt sich der Induktionsstrom linksherum. Die elektromotorische Kraft ist in beiden Fällen gleich dem Quotienten aus dem Kraftflussunterschiede und der Zeit.

NB. Als Gedächtnisregel merke man sich die gleichen Vokale:

«Vermehrung» und «rechtsherum», «Verminderung» und «linksherum».

9-IX-47

DRITTER TEIL

GRUNDLAGEN DER HYDRAULIK UND TECHNIK

§ 36. Technische Masseinheiten

In der Technik ist die Einheit für die Kraft das Kilogramm (abgekürzt *kg*), für die Länge das Meter (*m*) und für die Zeit die Sekunde (*sec*). In den meisten Fällen der Praxis erweisen sich diese Einheiten als zu klein, weshalb dann ein Vielfaches derselben als Einheit gewählt wird.

Als Einheit für den Flächendruck nimmt man die Atmosphäre (*atm*), d. i. annähernder Druck von 1 *kg* auf jedes Quadratzentimeter.

Die in der Technik gebräuchliche Einheit für die mechanische Energie ist nicht das *mkg/sec*, da es für die in der Praxis vorkommende Arbeitsleistung eine zu kleine Einheit darstellt. Es ist üblich, die Leistung der Kraftmaschinen in Pferdestärkestunden (abgekürzt PS-Stde) auszudrücken. Heute ist die Pferdestärke allgemein als Mass in Gebrauch mit einem Wert von 75 *mkg/sec*. Wenn man die PS-Stde in *mkg/sec* umrechnet, erhält man also:

$$1 \text{ PS-Stde} = 75 \times 60 \times 60 = 270\,000 \; mkg/sec.$$

Die Einheit der Wärmeenergie ist die Kalorie (*cal*), d. i. die nötige Wärmemenge, um die Temperatur von 1 *kg* Wasser von 0° auf 1° C zu erhöhen. Die Temperatur wird stets in Graden nach Celsius gemessen.

Die elektrische Leistung wird mit dem Watt (W) gemessen, d. i. das Produkt aus der Stromstärke in Ampere und der Spannung in Volt. Für grössere Leistungen wird als Masseinheit das Kilowatt (kW=1 000 W) angewendet.

Die Kilowattstunde ist die Einheit für die elektrische, wie die PS-Stde für die mechanische Arbeit.

Die Beziehung zwischen elektrischer und mechanischer Arbeit ist:

1 PS=736 W und 1 kW=1,3592 PS.

NB. Zwischen der englischen Pferdekraft (HP) und der deutschen ist ein geringer Unterschied; es ist:

1 PS (deutsch)=0,98633 HP (englisch) und
1 HP (englisch)=1,01386 PS (deutsch).

§ 37. Grundlagen der Hydraulik

1. Prinzipien und Aufgaben der Hydraulik. Die Hydraulik ist die auf die verschiedenen Zweige der Technik angewandte Lehre vom Gleichgewicht und von der Bewegung des Wassers. Die Lehre vom Gleichgewicht des Wassers heisst Hydrostatik, diejenige von der Bewegung desselben — Hydrodynamik.

Die Hydrostatik und Hydrodynamik betrachten das Wasser als einen homogenen, tropfbar flüssigen natürlichen Körper, der unter der Einwirkung der Schwere steht. Seine Kohäsion ist geringer als die der festen Körper und grösser als die der gasförmigen. Auf der geringen Kohäsion beruht die grosse Verschiebbarkeit der Wasserteilchen gegeneinander und die leichte Möglichkeit ihrer Trennung.

Die theoretische Hydrodynamik setzt voraus, dass dem gegenseitigen Gleiten der Wasserteilchen ein hemmender Widerstand durch Reibung an deren Oberfläche nicht

entgegenwirkt. (Hypothese der vollkommenen Flüssigkeit.)

Ferner nimmt man in der theoretischen Hydrodynamik an, dass das Wasser unter Einfluss äusserer Druckkräfte sein Volumen (Rauminhalt) so wenig ändere, dass die Änderung vernachlässigt werden kann (Hypothese der Unzusammendrückbarkeit).

2. Beide Hypothesen sind wohl für kleine Wassermengen und relativ kleine Kräfte als durch das Experiment erwiesen zu betrachten. Im grossen aber stehen die theoretischen Resultate nicht im Einklang mit den Ergebnissen der Erfahrung; es hat also den Anschein, als ob bei der Strömung einer Flüssigkeit ein innerer Reibungswiderstand mitwirke.

Die Hydraulik verlässt im allgemeinen auch heute noch die Wege der theoretischen Hydrodynamik; sie sucht ihre Ergebnisse in erster Linie den Bedürfnissen der Praxis entsprechend zu gestalten. Sie ist bestrebt die theoretischen Resultate unter Anwendung von empirischen Korrektionskoeffizienten mit den Resultaten der Beobachtung in Einklang zu bringen. Die Hydraulik ist daher bis heute noch ein «Machtgebiet der Koeffizienten», deren genaue Bestimmung durch hervorragende Hydrauliker auch heute noch nicht als abgeschlossen gelten kann; namentlich soweit es sich um die Abhängigkeit dieser Faktoren von geometrischen und mechanischen Grössen handelt.

Ausser der Lehre von der Bewegung des Grundwassers und der Wellen bieten die dynamischen Aufgaben der Hydraulik meist Probleme der Flüssigkeitsströmung innerhalb gewisser Wandungen oder durch gegebene Öffnungen dar; dazu werden bis heute noch auch die Aufgaben der Überfälle gerechnet. Die Wirkungen der Strömung als Stosskraft auf Maschinenteile usw. werden in einschlägigen Lehrbüchern des Maschinenbaues behandelt.

3. Äussere und innere Kräfte. Pressung und Dichtigkeit. Die Hydraulik operiert

mit denselben Grundbegriffen wie die Statik und Dynamik beliebiger materieller Systeme. Sie denkt sich hierbei die Wasserteilchen als sehr kleine starre Körperchen von prismatischer oder zylindrischer Gestalt, welche die Angriffspunkte äusserer und innerer Kräfte bilden. Steht jedes Flüssigkeitsteilchen unter Einfluss einer äusseren Kraft, deren Quelle oder Ursache ausserhalb der Flüssigkeit liegt, so heisst diese äussere Kraft eine Massenkraft.

Die für die Hydraulik in Betracht kommenden Massenkräfte sind die Schwerkraft und die Zentrifugalkraft. Die erste äussert sich bei jedem Massenteilchen als dessen Gewicht, die andere als Kraft, welche die Teilchen bei Bewegung in einer krummen Röhre oder bei Drehung einer Wassermasse um eine feste Achse voneinander zu entfernen strebt.

Die Grösse der an einem Wasserteilchen angreifenden Massenkraft ist proportional zu dessen Masse dm und für die Masseneinheit des Teilchens von konstantem Werte.

Von denjenigen äusseren Kräften, welche nur an einzelnen Teilchen oder Gruppen von Teilchen wirken, sind die wichtigsten: die Drücke der einschliessenden Wandungen (von Röhren, Behältern usw.), die Reibungskräfte zwischen Wandung und der strömenden Flüssigkeit und die Pressung p_0 der Atmosphäre auf die freie Oberfläche. Letztere hat den Wert:

$$p_0 = 1\ atm = 1{,}033\ kg/cm^2 = 10\,330\ kg/m^2.$$

(Der Druck von 1 kg/cm^2 oder 10 000 $kg = 10\ t/m^2$ heisst 1 Neuatmosphäre.)

Jedes Teilchen steht (gleichgültig ob die ganze Wassermasse in Bewegung oder im Gleichgewicht sich befindet) unter Einfluss innerer Kräfte, die von den benachbarten Teilchen ausgehen und zusammen mit äusseren Kräften die Bewegung oder das Gleichgewicht des Teilchens herbeiführen. Als innere Kraft gilt zunächts der längs der Oberfläche des Teilchens wirkende Reibungswiderstand. Stellen wir uns die Resultierende der übrigen in irgend einem Punkte der Oberfläche des Teilchens angreifenden inneren Kräfte als senkrecht zu dieser Oberfläche wirkend vor, so nennt man diese Resultierende den hydraulischen oder hydrostatischen Druck.

4. Die Arten der Wasserbewegung. Ist die Wasserbewegung so beschaffen, dass für irgend einen Punkt des Raumes, in dem die Bewegung sich vollzieht, die Geschwindigkeit und die Pressung für alle Wasserteilchen in jedem Zeitpunkte von konstantem Werte ist, so heisst die Bewegung permanent (Wasserbewegung in Flüssen, Röhren).

Die permanente Bewegung ist gleichförmig, wenn die Geschwindigkeit unabhängig ist von der Zeit und dem Ort des betrachteten Raumpunktes (Bewegung in Kanälen oder Röhren mit konstantem Querschnitt). Die Bewegung ist stationär, wenn die Geschwindigkeit unabhängig ist von der Zeit, aber mit dem Orte des betrachteten Raumpunktes wechselt (Bewegung in Flüssen mit unregelmässigem Querschnitt oder in gestauten Kanälen mit konstanter Sohle und Böschungswinkel). Bei der permanenten Bewegung bildet die Gesamtheit der einen Punkt passierenden Wasserteilchen einen Wasserfaden. Ein dichtes Büschel paralleler Wasserfäden, deren Bewegung übereinstimmend verläuft, bildet einen Wasserstrahl.

5. Die Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen. Da die Sohle eines künstlichen oder natürlichen Wasserlaufs eine schiefe Ebene vorstellt, so müsste nach physikalischen Gesetzen die Bewegung des Wassers in einem Wasserlauf eine unter der konstanten Einwirkung der Schwere sich vollziehende gleichförmig beschleunigte sein. Die Erfahrung lehrt aber, dass diese Bewegung nur eine gleichförmige ist. Die Ursache liegt in den Wider-

standskräften der Reibung. An den mehr oder weniger glatten Wandungen und der Sohle findet eine Adhäsionswirkung statt, die die Bewegung der adhärierenden Wasserschichten hemmt. Diese Verlangsamung der Bewegung der äussersten Schichten überträgt sich infolge der Kohäsion auf die zunächst nach innen folgenden, deren Bewegung dadurch ebenfalls vermindert wird usw.

Wären diese hemmenden Kräfte bei der Wasserbewegung in einem Flusse oder Kanale allein im Spiele, so müsste die grösste Geschwindigkeit in der mittleren Zone der Oberfläche auftreten. Dies trifft aber nicht vollständig zu. Die Stelle grösster Geschwindgkeit liegt für jeden Querschnitt etwas tiefer als die Oberfläche. Die Ursache liegt zum kleinsten Teil in dem Reibungswiderstande der Luft mit den im Spiegel befindlichen Wasserteilchen, zum grössten Teil in den hemmenden Wirbeln, welche auf der Sohle durch die Stösse des Wassers an deren Unebenheiten entstehen, sich durch die Flüssigkeit nach oben fortpflanzen und Unebenheiten des Spiegels (Wellen) erzeugen.

Dazu tritt noch die Verdunstung am Spiegel, durch welche immer neue Teilchen in den Spiegel treten, was eine Abnahme der lebendigen Kraft der Oberflächenhaut zur Folge hat. Nach neueren Untersuchungen scheint auch jedes Wasserteilchen Drehbewegungen um eine horizontale, der Achse des Wasserlaufs parallele Achse auszuführen, die zusammen mit der stromabwärtsgerichteten Bewegung Spiralbewegungen des Teilchens hervorruft. Nach *Stearns* steigt das Wasser in jeder Hälfte eines Flusses an den Ufern empor, bewegt sich dann der Strommitte zu, um sich dort wieder gegen die Tiefe zu kehren. Dieser letztere Teil der Bewegung scheint der Grund zu der Bildung einer der Stromachse parallelen Rinne auf der Sohle zu sein, die gewöhnlich den Ort der Punkte grösster Tiefe darstellt.

6. *Die mechanischen Mittel zur Messung der Geschwindigkeit.* Die hauptsächlichsten diesbezüglichen Apparate zerfallen in zwei Klassen. Die erste Klasse umfasst diejenigen Instrumente, die als feste Körper der Wasserströmung frei überlassen werden (Schwimmer), die andere Klasse schliesst diejenigen Apparate in sich, auf welche die lebendige Kraft des strömenden Flusswassers dynamische oder statische Wirkungen ausübt, deren Grösse eine Funktion der Geschwindigkeit ist, so dass aus dem Mass dieser Wirkungen letztere aufgefunden werden kann.

A. *Schwimmer.* Man nimmt hierbei an, dass die Geschwindigkeit des in einer gewissen Tiefe befindlichen Schwimmers gleichwertig ist der Wassergeschwindigkeit in dieser Tiefe. Die einfachsten Apparate dieser Art sind Glasflaschen oder sonstige schwimmende Körper. Hierher gehören besonders:

a) *der Stab des Cabeo* (hydrometrischer Stab). Eine enge hohe Blechröhre schwimmt mit ihrer Achse nahezu vertikal. Zur Erhaltung dieser Lage dienen kleine beschwerende Metallstücke, die ins Innere der Röhre gebracht werden.

b) *Zwei Halbkugeln* von gleichem Durchmesser aus Metallblech, die durch einen Draht von beliebiger Länge miteinander verbunden werden können. Durch Einfüllen von Wasser in die Kugeln und durch Anwendung eines Drahtes von geeigneter Länge lässt sich stets erreichen, dass die eine der verbundenen Kugeln in der Nähe der Oberfläche, die andere in der gewünschten Tiefe schwimmend erhalten wird. Beobachtet man dann die Geschwindigkeit v_1, welche die obere Kugel annimmt, wenn sie allein schwimmt, und die Geschwindigkeit V der verbundenen Kugeln, so ist, wenn v_2 die Geschwindigkeit der tieferen Kugel bedeutet, falls sie allein in der betreffenden Tiefe schwimmen würde.

$$V = \frac{v_1 + v_2}{2}, \text{ woraus } v_2 = 2V - v_1 \text{ sich ergibt.}$$

7. B. Die Röhren von Pitot. Von zwei nicht zu engen oben und unten offenen vertikalen Glasröhren, welche auf einer Platte nebeneinander befestigt sind, ist eine unten rechtwinklig umgebogen und der umgebogene Schenkel in eine trichterförmige Röhre ausgezogen. Stellt man das Instrument vertikal so in die Strömung, dass der umgebogene Schenkel der Strömung direkt entgegengesetzt ist und in der Tiefe des Beobachtungspunktes sich befindet, so tritt in beide Röhren Wasser ein. In der geraden Röhre steigt das Wasser bis zum Spiegel des Flusses, in der gebogenen höher um einen Betrag, der der Geschwindigkeitshöhe v_2/kg proportional ist, so dass sich setzen lässt für die Geschwindigkeit in der Tiefe des umgebogenen Schenkels $v = c\sqrt{2gh}$ oder $v = \mu\sqrt{h}$, wo h der Höhenunterschied der Spiegel in den beiden Röhren ist und μ eine Konstante des Instruments bedeutet, die am besten empirisch bestimmt wird. Um den Unterschied h ablesen zu können, befindet sich zwischen beiden Röhren eine Skala, deren Nullpunkt in der Tiefe des umgebogenen Schenkels liegt, so dass sich die Tiefe des Beobachtungspunktes unter dem Spiegel des Flusses unmittelbar ablesen lässt. Um die Ablesung von h bequem auszuführen, d. h. ausserhalb des Wassers vornehmen zu können, lassen sich beide Wassersäuren nach eingetretenem Gleichgewichtszustand durch einen am unteren Ende der Röhren befindlichen, mittels eines Drahtes von oben drehbaren Hahn gegen das Flusswasser abschliessen, worauf das Instrument zur Bestimmung von h aus Wasser genommen werden kann.

8. Die Wasserkräfte. Die Ausnützung der lebendigen Kraft des Wassers in einem Wasserlauf zum Zweck der Bewegung von Wassermotoren geschieht in der Regel auf zweierlei Arten.

In einem Falle wird das Wasser in der Nähe des Ortes seiner Ausnützung durch ein Wehr auf genügende Höhe gestaut und von der Stelle des höchsten Staus ein mehr oder weniger grosser Teil der sekundlichen Wassermenge des Wasserlaufs durch einen seitlich abzweigenden Kanal seiner Bestimmungsstätte zugeführt, an dessen Ende das Wasser durch sein Gewicht eine gewisse Höhe H m frei oder in einem röhrenartigen Behälter herabfällt, um ein am untern Ende dieser Fallhöhe angebrachtes horizontales Motorrad (Turbinenrad) in Bewegung zu setzen und sodann als Unterwasser einem tiefer gelegenen Punkte des Wasserlaufs wieder zuzuströmen.

Im zweiten Falle dient die lebendige Kraft des in einem Gerinne strömenden Wassers unmittelbar zur Bewegung eines vertikalen, in die Strömung tauchenden Motorrads.

In beiden Fällen findet bei Übertragung der lebendigen Kraft des Wassers an das Motorrad ein beträchtlicher Verlust infolge der Bildung von Wirbeln, des Auftretens von Stössen, der Entwickelung von Wärme usw. statt.

§ 38. Mechanische Aufgaben

1. Ein Eisenbahnzug von 120 000 kg Gewicht (ohne die Lokomotive) soll beim Anfahren in 45 Sekunden die Geschwindigkeit von 15 m/sec erreichen. Wie gross muss die durch die Zugkette von der Lokomotive auf den Zug übertragene Kraft sein, wenn die Reibung gleich 0,005 des Gewichtes gesetzt werden kann?

Lösung. Die Beschleunigung b, die dem Zuge erteilt werden soll, ist:

$$b = \frac{v - v_1}{t} = \frac{15\ m/sec}{45\ sec} = {}^1/_3\ m/sec^2.$$

Die Kraft P wird daraus durch Multiplikation mit der Masse gefunden; die Masse ist aber:

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{120\,000\ kg}{9{,}81\ m/sec^2} = 12\,230\ kg\ sec^2/m$$

und demnach die beschleunigende Kraft P:

$$P = mb = 12\,230\ kg\ sec^2/m \cdot {}^1/_3\ m/sec^2 = 4\,080\ kg.$$

Hierzu kommt aber noch die zur Überwindung der Reibung erforderliche Zugkraft von 0,005 . 120 000=600 *kg*. Im ganzen hat man also:

Zugkraft = 4 680 *kg*.

2. Wie lange dauert es, bis ein sich selbst überlassener Eisenbahnwagen auf horizontaler grader Strecke zur Ruhe kommt, wenn nur die gewöhnliche Reibung (so hoch wie vorher berechnet) in Betracht kommt und die Anfangsgeschwindigkeit=6 *m/sec* war, und welche Strecke durchläuft er noch?

L ö s u n g. Die Bewegung ist eine gleichförmig verzögerte; die verzögernde Kraft ist die Reibung, die nach der Angabe der vorhergehenden Aufgabe mit $^1/_{200}$ des Gewichtes in Rechnung gestellt werden sollte. Die Verzögerung, die sie hervorbringt, beträgt dann auch $^1/_{200}$ von der Beschleunigung der Schwere, also

$$b = \frac{9{,}81\ m/sec^2}{200} = 0{,}049\ m/sec^2.$$

Nach der Gleichung für die gleichförmig verzögerte Bewegung ist:

$$v = v_0 - bt \quad \text{oder hier} \quad v_0 = bt.$$

Damit findet man die Zeit, die bis zum Stillstande verläuft:

$$t = \frac{v_0}{b} = \frac{6\ m/sec}{0{,}049\ m/sec^2} = 122\ sec.$$

Der bis dahin noch zurückgelegte Weg wird, nachdem t bekannt ist, am einfachsten aus

$$s = \frac{v_0}{2}\,t = 3\ m/sec \cdot 122\ sec = 366\ m$$

berechnet. Man kann ihn aber auch unmittelbar berechnen aus

$$s = \frac{v_0^2}{2b} = \frac{36\ m^2/sec^2}{0{,}098\ m/sec} = 366\ m.$$

3. Eine Scheibe dreht sich um eine feste Achse. Auf der Scheibe ist ein Rad angebracht, das sich um eine zur ersten parallele Achse mit derselben Geschwindigkeit, aber im entgegengesetzten Sinne, dreht. Man soll die absolute Bewegung des Rades ermitteln.

L ö s u n g. In jedem Augenblicke führt das Rad zwei Bewegungen zugleich aus, die eine mit der Scheibe, die andere relativ zur Scheibe. Als Bezugspunkt wähle man den Mittelpunkt des Rades. Bei diesem kommt nur die erste Bewegung zur Geltung; der Mittelpunkt beschreibt also eine kreisförmige Bahn.

Von der Bewegung der Scheibe kommt ausser dieser Translation noch eine Drehung mit der Winkelgeschwindigkeit U um eine durch den Bezugspunkt gezogene Achse in Betracht. Diese haben wir zusammenzusetzen mit der Drehung $-U$, die das Rad relativ zur Scheibe ausführt. Die resultierende Drehung ist daher Null; die absolute Bewegung des Rades besteht daher in einer k r e i s f ö r m i g e n Translation.

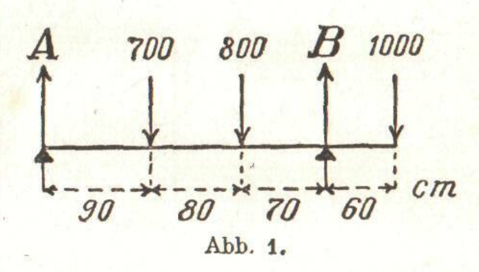


Abb. 1.

4. Ein auf zwei Stützen aufliegender Stab trägt die in Abb. 1 angegebenen Lasten; man soll die Auflagerdrücke berechnen.

L ö s u n g. Für den linken Stützpunkt als Momentenpunkt erhält man die Momentengleichung

$$B \cdot 240 = 700 \cdot 90 + 800 \cdot 170 + 1\,000 \cdot 300 = 499\,000$$
$$B = 2\,080.$$

Subtrahiert man B von der Summe der Lasten, so folgt A=420 *kg*. Wenn die Last von 1 000 *kg* weiter nach rechts gerückt würde, könnte B grösser als die Summe der Lasten werden. Der Auflagerdruck A ist dann negativ; wenn der

Balken am linken Ende nicht festgeschraubt ist, tritt in diesem Falle ein Kippen um den rechten Stützpunkt ein.

5. Eine Stange, die ein Gewicht Q trägt, ist an drei Seilen *A*, *B*, *C* aufgehängt (Abb. 2); man soll die Seilspannungen berechnen.

L ö s u n g. An der Stange halten sich vier Kräfte im Gleichgewichte, deren Richtungslinien sämtlich gegeben sind. Für jeden Punkt der Ebene muss die Momentensumme gleich Null sein. Bei beliebiger Wahl des Momentenpunktes kommen drei Unbekannte in der Momentengleichung vor, nämlich die Spannungen *A*, *B*, *C*. Legt man aber den Momentenpunkt auf den Schnittpunkt von zwei Richtungslinien, so fallen zwei Unbekannte weg, und die Gleichung

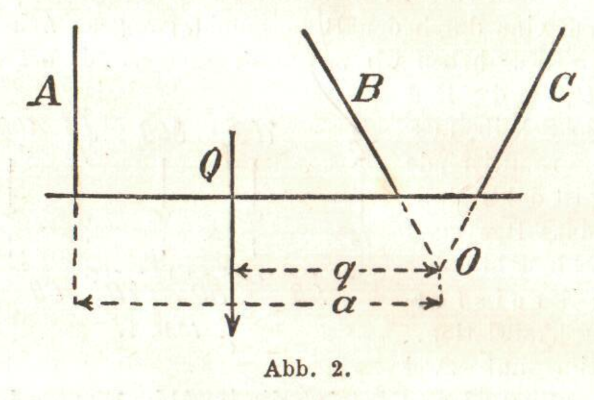


Abb. 2.

lässt sich sofort nach der dritten auflösen. So hat man für Punkt *O* in Abb. 2 die Gleichung $Aa = Qq$ und hieraus $A = Qq/a$.

Ähnlich finden sich die anderen Seilspannungen. Man kann diese aber auch, nachdem die erste bekannt ist, durch Zeichnen eines Kräftepolygons erhalten, denn die geometrische Summe aller an dem Stabe angreifenden Kräfte muss gleich Null sein.

6. Eine an den Enden mit Rollen versehene Stange, deren Schwerpunkt in der Stangenmitte liegt, stützt sich, wie

in Abb. 3 gezeichnet, gegen zwei unter 45° geneigte Ebenen. Ist das Gleichgewicht stabil oder labil, wenn die Stange horizontal steht?

L ö s u n g. Die Rollenmittelpunkte verschieben sich parallel zu den stützenden Ebenen. Wenn die Stange in eine andere Lage gebracht wird, schneidet sie von dem durch die beiden Parallelen gebildeten Winkelraume ein rechtwinkliges Dreieck ab. Die Verbindungslinie der Mitte der Hypotenuse mit der gegenüberliegenden Ecke ist aber bei jedem rechtwinkligem Dreiecke gleich der Hälfte der Hypotenuse. Bei jeder Lage der Stange behält also der Schwerpunkt denselben Abstand von dem Scheitel des rechten Winkels, d. h. er bewegt sich auf einem Kreisbogen, der von diesem Punkte als Mittelpunkt aus beschrieben werden kann. Einer unendlich kleinen Verschiebung der Stange aus ihrer horizontalen Lage entspricht daher eine Senkung des Schwerpunktes, die von der zweiten Ordnung also unendlich klein ist. Damit ist das Gleichgewicht als l a b i l erkannt.

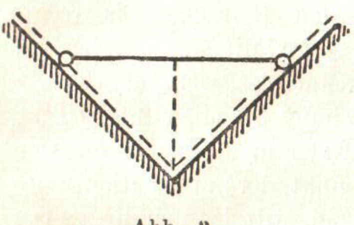


Abb. 3.

7. Um wieviel können sich die durch die punktierten Zugstangen auf den in Abb. 4 gezeichneten gleicharmigen Hebel übertragenen Kräfte von einander unterscheiden, ohne dass eine Störung des Gleichgewichts eintritt?

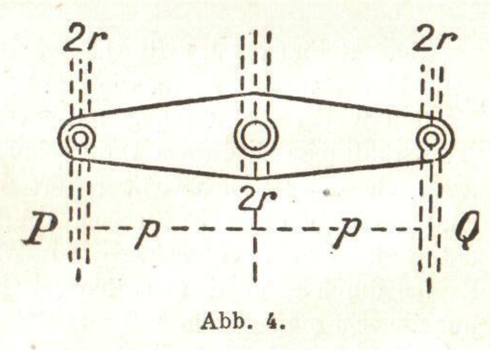


Abb. 4.

L ö s u n g. Im Grenzzustande des Gleichgewichts seien *P* und *Q* die auf die Endzapfen des Hebels übertragenen

Kräfte und es sei $P > Q$. Der Auflagerdruck im Mittelzapfen ist dann gleich $P+Q$. Alle drei Kräfte berühren die Reibungskreise ihrer Zapfen. Wenn die grössere Kraft P am linken Ende des Hebels wirkt, berührt die Richtungslinie von P den zugehörigen Reibungskreis an der rechten Seite. Auch die Richtungslinie von Q berührt den Reibungskreis rechts und die Richtungslinie von $P+Q$ im Mittelzapfen berührt den Reibungskreis links. Man erkennt dies, wenn man darauf achtet, in welchem Sinne die Drehung bei einer Störung des Gleichgewichts erfolgt. Nun schreibe man eine Momentengleichung an für einen Momentenpunkt, der auf der Richtungslinie des Auflagerdruckes $P+Q$ am Mittelzapfen liegt. Der Hebelarm von P ist $p-f'\ (r+r')$ und der von Q ist $p+f'\ (r+r')$; die Momentgleichung lautet also:

$$P\,[p-f'(r+r')] = Q\,[p+f'\,(r+r')],$$

Daraus folgt:

$$\frac{\frac{1}{2}\,(P-Q)}{\frac{1}{2}\,(P+Q)} = \frac{f'(r+r')}{p}.$$

Ohne Reibung wäre $P=Q$. Der Bruch auf der rechten Seite gibt demnach an, um wie viel sich jede von den beiden Kräften wegen der Reibung von ihrem Durchschnittswerte im Verhältnisse zu diesem Durchschnittswerte unterscheiden kann, ehe das Gleichgewicht gestört wird. Zu genauen Wägungen wäre ein mit Zapfen nach Abb. 4 konstruierter Hebel natürlich nicht zu brauchen. Bei Wagen muss man die Zapfen durch Schneiden aus hartem Stahl ersetzen, so dass nur die sehr geringfügige rollende Reibung ins Spiel kommt.

8. Für Luftziegel fand Bauschinger die Druckfestigkeit $\lambda = 20{,}6\ atm$, $v = 15{,}8\ atm$. Wie viel kann ein daraus errichteter Pfeiler vom Querschnitte $25 \times 50\ cm$ und $4\ m$ Höhe tragen, wenn der Sicherheit wegen nur 0,1 der Bruchlast für zulässig angesehen wird?

Lösung. Der Querschnitt F ist hier gleich $1\,250\ cm^2$, daher $\sqrt{F} = 35{,}4\ cm$; der Umfang $u = 150\ cm$, daher $\frac{u}{4} = 37{,}5\ cm$. Die spezifische Bruchbelastung folgt daraus zu:

$$\sqrt{\frac{35{,}4}{37{,}5}}\left(20{,}6 + 15{,}8 \cdot \frac{35{,}4}{400}\right) = 21{,}3\ atm,$$

Die zulässige Belastung P ist daher:

$$P = 2{,}13 \cdot 1\,250 = 2\,660\ kg.$$

9. Ein Eisenbahnwagen von $10\,000\ kg$ Gewicht hat 4 Räder, die näherungsweise als blosse kreisförmige Reifen von zusammen $1\,000\ kg$ Gewicht angesehen werden sollen. Um wie viel wird die Masse des Eisenbahnwagens wegen der Rotation der Räder scheinbar bei der Fahrt erhöht?

Lösung. Der Wagenkasten führt eine Translation aus; die Bewegung der Räder lässt sich in die gleiche Translation und in die Drehung um den Schwerpunkt zerlegen. Für die Rotationsenergie der Räder hat man:

$$L_r = \frac{1}{2}u^2\Theta = \frac{1}{2}u^2 M r^2,$$

denn bei einem Reifen hat jedes Massenteilchen denselben Abstand r vom Schwerpunkte. Die Translationsenergie der Räder ist:

$$L_t = \frac{1}{2}M v^2.$$

Zwischen u und v besteht eine Gleichung $v = ur$, denn der gerade auf den Schienen aufsitzende Teil des Radumfangs muss sich infolge der Rotation u um ebensoviel rückwärts als infolge der Translation v vorwärts bewegen, wenn nur Rollen und kein Gleiten der Räder auf den Schienen vorkommen soll. Hiernach ist im vorliegenden Falle:

$$L_r = L_t.$$

Zur gesamten lebendigen Kraft des Wagens tragen demnach die Radreifen so viel bei, als wenn sie doppelt so viel

Masse hätten und nur die Translation mitmachten. Will man daher den Eisenbahnwagen zur Berechnung der lebendigen Kraft als materiellen Punkt behandeln, so ist die Masse der Radreifen doppelt zu zählen, d. h. die Masse des Wagens ist scheinbar um 1 000 *kg* erhöht.

§ 39. Vom Eisen

1. Wer ermessen will, welche ungeheure Bedeutung das Eisen für das Leben der Völker hat, der braucht nur einen Umblick zu halten über die Werkzeuge, deren wir uns bedienen.

2. Die Hausfrau näht und strickt mit eisernen Nadeln oder arbeitet mit der aus Eisen hergestellten Nähmaschine. Sie schneidet den Faden mit der eisernen Schere ab. Sie kocht in eisernen Töpfen auf der gusseisernen Platte des Herdes. Sie heizt den eisernen Ofen. Mit eisernem Beil wird das Holz zerkleinert.

3. Der eiserne Nagel wird mit dem eisernen Hammer in die Wand geschlagen oder der darin steckende mit der eisernen Zange herausgezogen. Mit einem eisernen Schlüssel wird das eiserne Schloss geöffnet und geschlossen. In den Werkstätten ist fast alles aus Eisen oder Stahl: der Meissel, die Feilen, mit denen man die Eisenstücke bearbeitet, der Schraubstock, der Ambos, — alles ist aus Eisen.

4. Nun gar die Maschinen, welche die Bewegung hervorrufen, die Bewegung übertragen oder selbst die Arbeit verrichten, sind sie nicht fast alle aus Eisen? Auf eisernen Schienen fährt der Eisenbahnzug, der auf eisernen Rädern rollt. Die Lokomotive, die vor den Zug gespannt ist, besteht aus Eisen.

5. Der Draht, der neben der Bahn herläuft und durch den man mit der Geschwindigkeit des Blitzes ferne Gedanken mitteilen kann, ist aus Eisen. Die Schiffe, die unsere Waren in alle Welt fahren, sind grösstenteils aus Eisen. Die Waffen, mit denen wir unsere Freiheit verteidigen, sind aus Eisen. Die Gewehre (Flinten), die Geschütze (Kanonen), die Säbel, Bajonette usw. sind aus demselben Metall.

6. Auch die Werkzeuge zur friedlichen Bearbeitung des Bodens: der Pflug, die Egge, die Dreschmaschine und die Dampfmaschine (Lokomobile), die sie treibt, sind aus Eisen. Wir sehen, es wäre unmöglich sich gebildete Völker ohne Eisen zu denken.

7. Eisen ist den Menschen seit mehr als dreitausend Jahren bekannt. In den ältesten Zeiten wurde es selten gebraucht; es war damals ein sehr wertvolles Metall. Das lag daran, das die Eisengewinnung aus den Eisenerzen nur mit sehr unvollkommenen Mitteln geschah. Das ging so bis zum Schlusse des 15. Jahrhunderts. Bis dahin hatte man es nur verstanden, schmiedbares Eisen bei Holzkohlenfeuerung unmittelbar aus den Erzen herzustellen.

8. Die Menge des gewonnenen Eisens war infolgedessen gering. Da erfand man den Hochofenprozess. Damit konnte man aus den Erzen flüssiges Eisen, sogenanntes Roheisen, herstellen. Eine neue Zeit brach mit dieser Erfindung für das Eisenhüttenwesen an. Nun stiegen die Eisenhüttenwerke in die Flusstäler hinab. Gebläse und Hämmer wurden durch Wasserkraft bewegt. Aber immer noch war man auf die Holzkohle zur Erzeugung der nötigen Wärme angewiesen.

9. Später jedoch lernte man den Wert der Steinkohle kennen und nun änderte sich die ganze Sachlage. Die Werke zogen jetzt hauptsächlich dahin, wo Steinkohlen vorkamen oder leicht zu beschaffen waren. Es begann die Massenerzeugung von Eisen. Das Eisen, das in einem Lande erzeugt wird, bildet die Grundlage seiner Macht.

10. Roheisengewinnung (in 1 000 metrischen Tonnen)

	1897	1908	1913	1919	1924
Deutschland	6 881	11 805	19 312	5 654	7 812
Grossbritanien	8 938	9 202	10 425	7 536	7 436
Frankreich	2 484	3 401	5 207	2 447	7 693
Russland (USSR) . .	1 880	2 820	4 638	114	656
Ver. Staaten N. A. . .	9 808	16 192	31 563	31 613	31 608

Herstellung von Rohstahl (Flusseisen) (in 1 000 *t*)

	1913	1919	1922	1923	1924
Deutschland	17 147	6 877	11 209	5 990	8 620
Grossbritanien	7 787	8 021	5 975	8 618	8 360
Frankreich	4 687	2 186	4 471	4 977	6 906
Russland (USSR) . . .	4 249	199	357	590	995
Ver. Staaten N. A. . .	31 803	35 228	36 174	45 665	38 541

§ 40. In einem Kohlenbergwerk

1. Die Glocke verkündet die zweite Morgenstunde. Da wird es in den Häusern der Bergleute lebendig und Lichtcrschein leuchtet aus den Fenstern in die dunkle Nacht hinaus. Der Bergmann Krause hat heute von 4 bis 12 Uhr Frühschicht. Gehen wir mit ihm nach der Grube oder Zeche.

2. Dort hören wir das mächtige Schnauben der Dampfmaschine. Ein weiter Hof nimmt uns auf. Hier lagern grosse Haufen von Steinkohlen, die zur Bahn geschafft werden. Daneben liegen Balken und junge Baumstämme (Grubenholz); mit ihnen stützt man die unterirdischen Gänge oder Stollen. Wir kommen zu dem Hause, das über dem Schachte steht. Soeben steigt aus diesem ein grosser eiserner Kasten empor, der von einem Drahtseil gehoben wird. Er bringt zwei mit Kohlen gefüllte

Hunte, die man herausschafft. Nun ist der Kasten oder das «Gestell» leer und wir steigen ein.

3. Der Obersteiger begleitet uns. Ein Glockenzeichen ertönt. Wir schweben geräuschlos in die Tiefe. Es ist uns fast als ständen wir still. Da fliegt plötzlich ein dunkles Ding aufwärts an uns vorüber; es ist das andere Gestell, das wir durch unsere Last mitheben helfen. Die Fahrt wird langsamer. Wir sind unten auf dem Grunde des Schachtes.

4. Wir betreten einen Gang und gelangen bis zur «Hauptstrecke». Das ist die Hauptstrasse der ganzen Grube. Links und rechts steigen Seitengänge allmählich bergan; in ihnen fahren auf Schienen vollgeladene Hunte abwärts und ziehen dabei zugleich leere Hunte aufwärts. Wir schreiten einen solchen Seitengang oder «Bremsberg» hinan. Zur Seite sehen wir schon Bergleute emsig bei der Arbeit. Sie haben soeben das Gestein, das vor der Kohlenschicht oder dem «Flöz» lagerte, weggesprengt. Wüst liegen die Steinbrocken durcheinander.

5. Wir kommen vor einen zweiten Ort. Ein Bergmann fährt die gebrochene Kohle in einer Hunte zum Bremsberge. Ein anderer bohrt eben ein tiefes Loch in die schwarze Kohlenschicht und füllt es mit Sprengpulver. Dann führt er einen Zündfaden ein und ruft laut: «Angesteckt!». Nachdem er den Faden an seinem Ende angezündet hat, verlassen wir schnell den Ort. Nach kurzem Harren ein schwerer dumpfer Knall. Wir eilen wieder zur Stelle. Rauch, Kohlenstaub und ein mächtiger Haufen losgesprengter Kohle füllen den Raum.

§ 41. Die Dorfschmiede

1. Am Ende des Dorfes steht ein kleines rauchgeschwärztes Haus mit einem grossen Schornstein. Es ist die Schmiede. In der Tiefe des dunkeln Raumes sehen wir den Herd oder die Schmiedeesse. Darin brennt ein Kohlenfeuer und rotglühende Eisenstücke liegen darauf. Ein

halbwüchsiger Bursche zieht an einem grossen Blasebalg; durch das Gebläse wird das Feuer angefacht und die Hitze vermehrt.

2. In der Mitte der Schmiede steht ein schwerer Amboss auf einem Holzklotz. Hier arbeitet der Schmied mit seinem Gesellen. Er hält das Werkstück mit einer Zange fest, die er in der linken Hand hat. Der Geselle schwingt mit beiden Händen einen schweren Hammer, der Meister hilft mit einem kleinen Hammer nach. In einem Winkel befindet sich ein grosser Kasten mit Holzkohle, in einem andern ein Fass mit Wasser.

3. Der Schmied ist für den Bauer der notwendigste Mann. Er bessert ihm seinen Pflug und seine Egge aus; er beschlägt sein Pferd, bezieht die Räder mit neuen Reifen (Schienen), schweisst zerbrochene Achsen zusammen, macht Ofenhaken usw. Früher musste der Schmied die Hufeisen, die Beile und Äxte, Nägel und Bolzen selbst herstellen. Jetzt bezieht er alle diese Gegenstände fertig aus der Stadt; sie werden in grossen Fabriken massenhaft verfertigt und kosten billiger, als wenn man sie von Hand macht.

§ 42. Die Tischlerei

1. In einem einstöckigen Hause einer stillen Gasse der Vorstadt befindet sich eine Tischlerwerkstatt, in der eine Genossenschaft von Tischlern arbeitet. Hier werden einfache Möbel aus Tannen- und Kiefernholz gemacht, manchmal aus Birke oder Eiche. Türen und Fensterrahmen arbeiten die Tischler auch. Die Tischlerei hat eine sehr einfache Ausstattung; die meiste Arbeit wird von Hand verrichtet. Erst vor kurzem ist eine mechanische Kreissäge mit elektrischem Antrieb aufgestellt worden. Dadurch ist die schwere Arbeit des Zersägens viel schneller und leichter geworden.

2. Auf mehreren Hobelbänken werden Bretter und Leisten gehobelt; auf Wandbrettern darüber stehen verschiedene

Hobeln: Bankhobeln, Schlichthobeln, Simshobeln, Falz-, Schrupp-, Nut- und Profilhobeln. An den Wänden hängen viele andere Werkzeuge: Stemmeisen, Lochbeitel, Hohleisen, Geissfüsse, Ziehmesser, Bohrer, Stangenbohrer, Nagel-, Löffel-, Langloch-, Drill-, Brust-, Winkelbohrer, Schraubenzieher usw.

3. Ausser der mechanischen Säge gibt es noch viele Handsägen: Schrot- und Quersägen, Fuchsschwänze, Stichsägen, Bogen-, Laub- und Ortersägen. Auch verschiedene Äxte sind in der Werkstatt zu sehen. Der Fussboden ist mit Spänen, Hobelspänen und Sägespänen bedeckt.

4. Auf dem Herde wird Tischlerleim gekocht. Ein Lehrling rührt den Leim in der Kasserolle mit einem Quast. Die zusammengeleimten Teile werden in einen Leimknecht oder eine Schraubzwinge gepresst und am Ofen getrocknet. Hinter dem Ofen befindet sich die Trockenkammer für unbearbeitetes Holzmaterial. Zum Schleifen der Werkzeuge gebraucht man einen Schleifstein mit Handkurbel und Ölsteine. Auch eine Drehbank gibt es in der Tischlerei; darauf dreht ein Drechsler die runden Holzteile.

5. Die fertiggestellten Teile werden zusammengefügt, so dass sie genau zueinander passen. Dann werden die Arbeitstücke mit Glaspapier oder Bimstein geglättet, mit Farbe angestrichen oder mit Lack bedeckt; feine Möbel werden poliert.

§ 43. Die mechanische Werkstatt

1. Im Erdgeschoss unseres Hauses ist eine kleine mechanische Werkstatt. Es werden hier selten neue Gegenstände hergestellt, sondern nur einzelne Teile, die zu Reparaturen nötig sind. Der Meister, der in einer Person Mechaniker, Schlosser, Dreher und Klempner ist, übernimmt verschiedene Arbeiten: er repariert Nähmaschinen, Schreibmaschinen, Fahrräder, Kochapparate, Schlösser usw;. er lötet schad

haftes Blechgeschirr und verzinnt Kupfer- und Messinggeschirr.

2. Er besitzt eine einfache Drehbank mit Fussantrieb und eine kleine Bohrmaschine. Den grössten Teil der Arbeit macht er am Schraubstock mit dem Meissel und der Feile in der Hand. Mit einer Lötlampe und einem Lötkolben bessert er Blechgegenstände aus. Obgleich er keine komplizierten Arbeiten ausführt, muss er doch sehr genau arbeiten. Dazu braucht er viele Feinmessapparate (Lehren): eine Schraubenlehre, eine Schublehre, ein Stichmass, eine Lochlehre, eine Gewindeschablone, eine Blechlehre, eine Drahtlehre, verschiedene Taster usw.

3. Der auszubessernde Gegenstand wird auseinandergenommen, die schadhaften Teile werden repariert oder neu angefertigt, dann wird die Maschine wieder montiert. Teile, die oft gewechselt werden müssen, werden fabriksmässig hergestellt und fertig gekauft. Sie werden nach bestimmten Grössen oder Normen gewählt und müssen genau in die Maschine hineinpassen. Durch solche normalisierte Ersatzteile können Reparaturen billiger und schneller ausgeführt werden.

WÖRTER — СЛОВА

Der Lehr-satz — (научное) положение.
lehren, te, h. gelehrt — учить.
der Satz, die Sätze — положение; другие значения этого слова: осадок, предложение (фраза), скачок, (типографский) набор.
die Wissenschaft — наука.
wissen, wusste, h. gewusst — знать.
messbar — поддающийся измерению, измеримый.
messen, mass, h. gemessen — мерить.
die Grösse — величина.
die Zahl — число.
sich beschäftigen — заниматься.
unterscheiden, -schied, h. -schieden — различать.
rein — чистый.
an-wenden, wandte an, h. angewandt — применять.
angewandt — прикладной.
grund-legend — основной.
der Grund, die Gründe — основание, дно.
der Raum, die Räume — пространство.
Raum = Raum-grösse — пространственная величина.
gehören — принадлежать.
die Lehre — учение.
all-gemein — общий, всеобщий.
die Ecke — угол (с внешней стороны).
der Winkel — угол (с внутренней стороны).
das Drei-eck — треугольник.
die Kunst, die Künste — искусство, умение.
die Mess-kunst — умение измерять.
usw. = und so weiter — и т. д
es handelt sich um etwas — дело идет о чем-нибудь; другие значения handeln: поступать, торговать.
nutzbar — полезный.
der Nutzen — польза.
das Nutzbar-machen — применение, использование.
gewinnen, gewann, h. gewonnen — получать; другое значение: выигрывать.
das Ergebnis, -sses, -sse — результат.
das Gebiet — область.
besonders — особенно.
der Stern — звезда.
die Kunde — вéдение; весть.

die Stern-kunde — астрономия.
die Landmess-kunst — землемерное искусство.
bauen — строить.
die Bau-kunde — зодчество, строительное искусство.

§ 2

der Einschluss — включение.
ein-schliessen, schloss ein, h. eingeschlossen — включать; запирать.
der Schluss — заключение, конец.
an-geben, gab an, h. angegeben — указывать, обозначать.
gleich-artig — однородный.
gleich — одинаковый, равный.
die Art — вид (род).
der Gegen-stand, -stände — предмет.
vorhanden — налицо (буквально: vor der Hand — под рукою).
erfinden, erfand, h. erfunden — изобретать.
finden — находить.
entstehen, entstand, bin entstanden — возникать.
die Reihe — ряд.
zählen — считать.
durch Abzählen — путем отсчитывания.
dezimal (латинское слово) — десятичный.
das Zeichen — знак.
erfordern — требовать.
es gibt — есть, существует.
die Stelle — место.
ein-stellig — однозначный.
überhaupt — вообще.
vorher-gehend — предыдущий.
folgend — следующий.
zwar — притом.
die Einheit — единица.

bezw. = beziehungs-weise — или (букв.: по отношению к другому).
die Beziehung — отношение.
beide — оба.
der Nachbar — сосед; соседний.
nennen, nannte, h. genannt — называть.
benannt — именованный.
un-benannt — неименованный, отвлеченный.
rechnen — считать (в значении: вычислять).
die Rechnungs-art — арифметическое действие (род вычисления).
die Spezies (лат. сл.) = die Art.
die Addition (лат.) — сложение.
die Subtraktion (лат.) — вычитание.
die Multiplikation (лат.) — умножение.
die Division (лат.) — деление.
addieren — складывать.
verstehen, verstand, h. verstanden — понимать, разуметь.
mehrere — несколько.
zusammen-nehmen — взять вместе.
nehmen, nahm, h. genommen — брать.
enthalten, enthielt, h. enthalten — содержать.
erhalten, erhielt, h. erhalten — получать.
dadurch = durch das — через это.
einzeln — отдельный.
das Glied, die Glieder — член, звено.
der Summand (лат.) — слагаемое.
z. B. = zum Beispiel — например.
2+5 = 7; читается: zwei plus fünf macht sieben (или: gleich 7).
übrig — лишний, в остатке.
bleiben, blieb, b. geblieben — оставаться.
die Anzahl = die Zahl — число.

weg-nehmen — отнимать.
verkleinern — уменьшать.
der Minuend (лат.) — уменьшаемое.
der Subtrahend (лат.) — вычитаемое.
ab-ziehen, zog ab, h. abgezogen — отнимать; снимать.
der Rest, die Reste — остаток.
die Differenz (лат.) — разница, разность.
auf-heben, hob auf, h. aufgehoben — подпимать.
gegen-seitig — взаимно.
sich gegenseitig aufheben — взаимно уничтожать друг друга.
einfach — простой.
mehrfach — несколько раз.
die Weise — способ.
wiederholen, wiederholte, h. wiederholt — повторять.
der Multiplikand (лат.) — множимое.
der Multiplikator (лат.) — множитель.
das Produkt (лат.) — произведение.
der Faktor (лат.) — производитель.
7 × 4 = 28; читай: 7 mal 4 macht 28.
mit-einander — друг с другом.
vertauschen — менять (местами), заменять.
ohne dass — без того чтобы; причем не.
sich ändern — изменяться.
der-jenige — тот.
teilen — делить (любую величину).
dividieren — делить (только математические величины).
der Dividend (лат.) — делимое.
der Divisor (лат.) — делитель.
der Quotient (лат.) — частное.
6 : 3 = 2; читай: 6 durch 3 macht 2.

§ 3

positiv (лат.) — положительный.
negativ (лат.) — отрицательный.

bedeuten — значить, означать.
entsprechen, entsprach, h. entsprochen — соответствовать.
das Vor-zeichen — (арифметический) знак.
bezeichnen — обозначать.
brechen, brach, h. gebrochen — ломать.
der Bruch — излом, дробь.
die gebrochene Zahl — дробное число.
der Zähler — числитель (другое значение: счетчик).
der Nenner — знаменатель.
die Prim-zahl (лат.) — первичное, простое число.
abgesehen — за исключением.
teilbar sein — делиться.
so-genannt — так называемый: обыкновенно пишется сокращенно: sog.
das Sieb — сито, решето.
Eratosthenes — Эратосфен (древнегреческий математик).
um... zu — чтобы.
gemeinschaftlich, gemeinsam — общий.
der Teiler — делитель.
das Viel-fach(e) — кратное.
der Dezimal-bruch — десятичная дробь.
das Komma (греч.) — запятая.
auf-gehen, ging auf, b. aufgegangen — делиться без остатка; другие значения: выходить, растворяться, раскрываться.
durch-einander — друг на друга.
fort-setzen — продолжать.
jen-seits — по ту сторону.
end-los — бесконечный.
das Verhältnis — отношение.
die Gleichung — уравнение.
äusser — внешний, крайний.

inner — внутренний, средний.
der Wert — значение.
richtig — верный, правильный.
x^2 — читай: x hoch zwei.
identisch (лат.) — тожественный.
die identische Gleichung—тожество.
auf-lösen — решать (развязывать).
gelten, galt, h. gegolten — иметь значение, годиться.

§ 4

die Potenz (лат.) — степень (математическая).
die Wurzel — корень.
der Ausdruck — выражение.
die Grund-zahl — основное число.
die Basis (греч.) — основание, база.
der Exponent (лат.) — показатель.
in-dem — тем, что.
potenzieren — возводить в степень.
gelten, galt, h. gegolten — считаться (наст. вр.: ich gelte, du giltst, er gilt).
die Lösung — решение.
ziehen, zog, h. gezogen — извлекать.
der Radikand (лат.) — подкоренное число.
bilden — образовывать.
radizieren (лат.) — извлекать корень.
zugleich — одновременно.
die Reihen-folge — последовательность.
gleich-gültig — безразличный.
die Eigenschaft — свойство, качество.
der Grad (лат.) — степень, градус.
absolut (лат.) — независимый, свободный.
gemein — общий, простой.
der Numerus (лат.) — число.
das Wort — слово.
vermindern — уменьшать.

§ 5

der Punkt — точка.
das Gebilde — образование, образ.
die Ausdehnung — протяжение.
die Fläche — площадь, поверхность.
die Bewegung — движение.
entstehen — возникать.
im all-gemeinen — вообще.
die Grenze (славянское слово) — граница, предел.
schneiden, schnitt, h. geschnitten — резать.
sich schneiden — пересекаться.
gerade — прямой.
die Gerade — прямая (линия).
fest-halten — (крепко) держать.
unter Festhaltung — удерживая на месте.
drehen — вертеть, вращать.
gedreht — будучи повернута.
die Lage — положение.
zwischen — между.
möglich — возможный.
der Weg — путь, дорога.
der Ab-stand — расстояние.
beider-seits — в обе стороны, с обеих сторон.
ins End-lose — до бесконечности.
verlängern — удлинять, продолжать.
höchstens — не более, чем.
krumm — кривой.
sämtliche = alle — все.
besitzen — обладать, владеть.
zerfallen, zerfiel, b. zerfallen — распадаться.
eben — плоский.
d. h. = das heisst — то есть.

§ 6

ruhig — спокойный.
der Faden — нитка; другое значение: сажень.
hängen, hing, h. gehangen — висеть.
das Gewicht — вес, груз; гиря.
die Gestalt — вид, фигура.
die Richtung — направление.
senken — опускать, погружать.
senk-recht — отвесный.
das Blei — свинец.
das Senk-blei — свинцовое грузило, лот.
der See-mann, die Seeleute — моряк.
vgl. = vergleiche — сравни (ср.).
das Lot — отвес, лот.
der Maurer — каменщик.
die Bezeichnung — название, обозначение.
lot-recht = senk-recht — отвесный.
der Scheitel — темя, вершина.
scheitel-recht = lotrecht.
auf-recht — прямой.
der Perpendikel (das Perpendikel) — маятник.

Примечание. Понятие «перпендикулярный» может быть обозначено по-немецки пятью разными словами: какими?

die Uhr — часы.
frei — свободный.
die Ober-fläche — (верхняя) поверхность.
das Gefäss — сосуд.
in einem grösseren Gefässe — в довольно большом сосуде (сравн. степень обозначает здесь сравнительно высокую степень качества без сравнения с другим предметом).
dürfen, durfte — иметь право, *мочь*.
die Ebene — плоскость.
betrachten — рассматривать.
das Gefrieren — замерзание.
(ge)frieren, (ge)fror, b. gefroren — замерзать, мерзнуть.
prüfen — проверять, испытывать.
die Wage — весы.
wage-recht — горизонтальный (слово объясняется нормальным положением коромысла весов).
die Wasser-wage / die Kanal-wage } ватерпас.
ob — ли (вопросительная частица).
die Anwendung — применение.
verebnen / planieren } выравнивать, планировать.
der Platz — площадь; место.
her-stellen — устраивать.
das Bauen — стройка.
der Bau — постройка, строение.
die Schiene — рельс.
die Bahn — дорога, путь.
die Schienen-bahn — рельсовый путь.
die Eisen-bahn — железная дорога.
das Eisenbahn-Planum — железнодорожное полотно.
schräg — наклонный.
der Strahl, die Stahlen — луч.
ein-seitig — односторонний, с одной стороны.
begrenzen — ограничивать.
der Aus-gang — выход, исход.
der Ausgans-punkt — исходная точка.
ist zu unterscheiden — следует различать.
der Winkel — угол.
das Mass — мера.
die Drehung — вращение.

gegen-einander — по отношению друг к другу.
der Schenkel — бедро; *сторона.*
der Scheitel-punkt — вершина.
decken — крыть, покрывать.
sich decken — совпадать.
verschieden — различный.
wenn auch — если даже, хотя бы.
voll — полный.
die Um-drehung — оборот.
der gestreckte Winkel — развернутый угол.
strecken — растягивать.
ein solcher = ein Winkel.
solcher — таковой, такой.
recht — правый, *прямой.*
konvex (лат.) — выпуклый.
konkav (лат.) — вогнутый.
spitz — острый (в смысле остроконечный).
stumpf — тупой.
ergänzen — дополнять.
der Supplement-winkel (лат.) — дополнительный угол.
der Komplement-winkel (лат.) — комплементный угол (дополняющий до прямого).
der Neben-winkel — смежный угол.
die Verlängerung — удлинение, продолжение.
über — hinaus — за, по ту сторону.
der Scheitel-winkel — вертикальный угол.
kongruent (лат.) — совпадающий, равный.
zeichnen — рисовать, чертить.
gebrauchen — пользоваться.
das Hilfs-mittel — пособие.
die Hilfe — помощь.
das Mittel — средство.
der Haken — крюк, крючок.
der Winkel-haken — угольник (⊥).

§ 7

die Ebene — плоскость, равнина.
die Fläche — площадь, поверхность.
(eben — ровный; flach — плоский.)
ziehen — здесь: *проводить.*
nirgends — нигде.
heraus-treten, trat heraus, h. herausgetreten — выступать.
bestimmen — определять.
ausser-halb — вне.
inner-halb — внутри.
legen — здесь: *проводить.*
sich kreuzen — перекрещиваться.
das Kreuz — крест.
schief — наклонный.
wind-schief — косой, наклонный.
krumm — кривой (согнутый).
stehen... = wenn zwei Gerade... (сокращенное условное предложение).
nie = niemals — никогда.
soweit... auch — сколько бы ни.
behalten, behielt, h. behalten — сохранять.
der Gegen-winkel — противоположный угол.
der Wechsel-winkel — накрест лежащий угол.
betragen — составлять.

§ 8

das Viel-eck — многоугольник.
die Seite — *сторона*; бок, страница.
der Durch-schnitt — *пересечение*, разрез.
zusammen-stossen, stiess z., bin z. gestossen — сталкиваться.
zusammen-stossend — смежный.
die Ecke — угол; *вершина.*
benachbart — соседний, *смежный.*

die Verbindung — соединение.
verbinden, verband, h. verbunden — связывать, *соединять.*
der Eck-punkt — вершина.
regel-mässig — правильный.
unter-einander — между собой.
der Zentri-winkel — центральный угол.
gleich-schenklig — равнобедренный.
umgekehrt — наоборот; обратно.
um-kehren — перевертывать.
überein-stimmen — совпадать.
gegenüber — против.
1. die Mittel-senkrechte — перпендикуляр, восстановленный из середины стороны.
der Mittel-punkt — *центр*, середина.
der Kreis — круг, окружность.
der Um-Kreis — описанный круг.
der In-Kreis — вписанный круг.
die Winkel-halbierende — биссектриса.
eben-falls — также.
ähnlich — похожий, *подобный.*
die Überein-stimmung — совпадение, *равенство.*
das Verhältnis — отношение.
ein-schliessen — заключать.
der Abschnitt — отрезок.
sich verhalten — относиться.
werden die Schenkel... добавить: wenn (сокр. условн. предл.).
das Gebilde — фигура.
homolog — (греч. слово) — соответственный.

§ 9

das Vier-eck — четырехугольник.
besonder — особый.
die Form — форма; *вид.*
auf-treten — появляться.
folgend — следующий.
von Bedeutung sein — иметь значение.
das Paar — пара.
ein paar — несколько.
die Gegen-seite — противолежащая сторона.
das Recht-eck — прямоугольник.
je — здесь: попарно.
halbieren — делить пополам.
gegen-seitig — взаимно.
vermehren — увеличивать, прибавлять.
doppelt — удвоенный, двойной.
über — построенный на ...

§ 10

der Kreis, die Kreise — круг, окружность.
zurück-laufen — бежать назад.
in sich zurück-laufend — замкнутый.
die Kurve (лат.) — кривая линия.
überall — везде.
fest — крепкий, неподвижный.
konstant (лат.) — постоянный.
der Halb-messer — полупоперечник, радиус.
die Sehne — жила; тетива; *хорда.*
die Schnitt-linie — линия разреза, разрезающая.
die Sekante (лат.) — секущая.
der Durch-messer — поперечник, диаметр.
die Achse — ось.
die Symmetrie-Achse (греч.) — ось симметрии.
2. das Lot — перпендикуляр.
errichten — воздвигать, *восстанавливать.*
die Tangente (лат.) — касательная.

der Ausschnitt — вырезок.
der Abschnitt — отрезок.
der Umfang } *окружность*,
die Peripherie (греч.) } обхват.
der Bogen — *дуга*; лук; арка.
biegen, bog, h. gebogen — гнуть.
berühren — касаться.
höchstens — не более как ...
stehen — здесь: опираться.
der Inhalt — содержание, *площадь*.
mal (×) = помноженный на ...
die Grund-linie — основание.
die Höhe — высота.
folglich — следовательно.

§ 11

der Ort, die Orte — место.
der Raum-punkt — точка пространства.
die Entfernung = der Abstand — расстояние.
messen (ich messe, du misst, er misst) — мерить.
gleich-gerichtet — одинаково направленный, параллельный.
der Fall — случай.
entweder... oder — или... или.
drei-seitig — трехгранный.
körperlich — телесный.
die Kante — край, грань.
der Kanten-winkel — угол, образуемый гранями, телесный угол.
stets = immer — всегда.

§ 12

der Inhalt — содержание, *объем*.
senk-recht — прямой.
schräg — наклонный.
die Walze — вал; валик, каток.
die Grund-fläche — площадь основания.
der Umfang — обхват, периметр.
der Mantel, die Mäntel — плащ; *боковая поверхность*.
der Dach-körper — крышеобразное тело (трехгранная призма, положенная набок).
der Kegel — *конус*; кегля.
der Stumpf, die Stümpfe — обрубок, остаток, пень; здесь переводится: «усеченный».
die Kugel — шар.

§ 13

die Berechnung — вычисление.
verstehen — *понимать*, разуметь.
geeignet — подходящий, пригодный.
das Stück — кусок, *часть*, элемент, штука.
statt-finden, fand statt, h. stattgefunden — иметь место.
sich beschränken — ограничиваться.
die Bestimmung — определение.
in-so-weit — поскольку.
konstruieren (лат.) — построить.
die Regel — правило.
in der Regel — обычно, обыкновенно.
die Ausnahme — исключение.
ausnahms-weise — в виде исключения.
konstruierbar — поддающийся построению.
die Land-mess-kunst — землемерие.
schon — уже.
beanspruchen } требовать.
verlangen }
die Einschränkung — ограничение.
beliebig — любой.
das Ziel, der Zweck — цель.
die Schranken — границы, *ограничения*.
auf-heben — отменять; *снимать*.

nötig — нужно.
bestimmt — определенный.
die Beziehung — отношение.
auf-stellen — установить.
der Satz — положение; теорема.

§ 14

all-gemein — общий.
das Gesetz — закон.
der Grund — основание; дно; грунт.
das Grund-gesetz — основной закон.
träge — ленивый, вялый; *инертный*.
die Trägheit — лень; *инерция*.
beharren — пребывать (на месте).
die Beharrung — пребывание на месте, постоянство.
das Vermögen — *способность*; состояние (= капитал).
das Beharrungs-vermögen — инерция.
der Zustand — состояние (= положение).
die Ruhe — покой.
gleich-förmig — равномерный.
die Bewegung — движение.
gerad-linig — прямолинейный.
die Ursache — причина.
(ein)wirken — действовать, влиять.
die Kraft — сила.
zwingen, zwang, h. gezwungen — принуждать.
ändern — изменять.
die Änderung — изменение.
die Einwirkung — действие.
geschehen, geschah, ist geschehen — происходить.
die Richtung — направление.
die Wirkung — действие.
die Gegen-wirkung — противодействие.
vorhanden — налицо.
entgegen-gesetzt — противоположный.
materiell — материальный.
die Zeit — время; промежуток времени.
der Weg — дорога, *путь*.
zurück-legen — откладывать, *проходить*.
die Geschwindigkeit — скорость.
also — стало быть.
un-gleichförmig — неравномерный.
bestimmt — определенный.
der Augen-blick — мгновение, момент.
bestehen, bestand, h. bestanden — существовать
der Massen-punkt — материальная точка.
von ... an — с (этого момента).
beschleunigen — ускорять.
Примечание. «Скорый» можно перевести на нем. яз. словами: schnell, geschwind, schleunig, rasch.
gleich-mässig — равномерно.
um gleich viel — на одинаковую величину; одинаково.
zu-nehmen, nahm zu, h. zugenommen — возрастать, прибывать.
die Zunahme — прирост.
die Abnahme — убыль, убывание.
die Zeit-einheit — единица времени.
die Beschleunigung — ускорение.
zögern — медлить.
verzögern — замедлять.
ab-nehmen — убывать; уменьшаться.
die Verzögerung — замедление.
die Gesamt-wirkung — общее, совокупное действие.
nach-einander — одно после другого, последовательно.

vollführen — совершать.
gelangen — *достигать*, попадать.
resultierend (лат.) — совокупный, результирующий.
da — так как.
eben-falls } также.
eben-so
die Resultante — равнодействующая.
die Zerlegung — разложение.

§ 15

frei — свободный.
der Fall — *падение*; другие значения: падеж; случай.
die Anziehung — притяжение.
die Erde — земля.
erzeugen — *порождать*; вызывать.
sich ergeben — *получаться*, следовать.
die Luft — воздух.
leer — пустой.
luft-leer — безвоздушный.
die End-geschwindigkeit — конечная скорость.
die Breite — ширина; *широта*.
etwa — приблизительно.
die Fall-zeit — время падения.
der Fall-raum — расстояние, пройденное при падении.
durchfallen — пройденный (во время падения).
g/2 — читай: g durch zwei.
sich verhalten — относиться между собою.
gerade — прямой, *четный*.
un-gerade — нечетный.
einzeln — отдельный.
schief — наклонный.
berücksichtigen — принимать во внимание.
ohne Berücksichtigung — не принимая во внимание.
reiben, rieb, h. gerieben — тереть.
die Reibung — трение.
der Einfluss — влияние.
die Schwere — тяжесть.
erfolgen — происходить.
fällt... доб. вит.: wenn (сокр. условн. предл.).
zu-nehmen — возрастать.
wobei — причем.
die Höhen-differenz — разность высот.
betrachten — рассматривать.
das Weg-stück — часть, отрезок пути.
bedeuten — обозначать, означать.
werfen, warf, h. geworfen — бросать.
der Wurf — бросание, полет.
ab-(wärts) und auf-wärts — вниз и вверх.
wird... сокр. усл. предложение.
die Anfangs-geschwindigkeit — начальная скорость.
gelten, galt, hat gegolten — иметь значение, быть правильным.
die Gleichung — уравнение.
dagegen — же.
wirken — действовать.
das Mass — мера.
verzögern — замедлять.
beginnen, begann, h. begonnen = anfangen — начинать.
zurück-kehren — возвращаться.
wage-recht — горизонтальный.

§ 16

die Zentral-bewegung — движение вокруг центра.
der Begriff — понятие.

der Flächen-raum — площадь.
der Satz über die Flächenräume — закон площадей.
befindlich — находящийся.
richten — направлять.
der Mond — луна.
schwingen, schwang, h. geschwungen — качать, махать, размахивать
der Schwung — размах.
die Schwung-kraft — сила притяжения к центру, центростремительная сила.
an-ziehen, zog an, h. angezogen — притягивать.
leiten — вести.
der Leit-strahl — ведущий луч (радиус-вектор).
beschreiben — описывать; *покрывать*.
wie auch — как бы ни.
möge — заменяет сослагательное наклонение.
entgegen-wirken — противодействовать.
zentrifugal (лат.) — центробежный.
fliehen, floh, b. geflohen — убегать.
die Flieh-kraft — *центробежная сила*.
schwingend — здесь: *качающийся*.
harmonisch — гармонический.
einfach — простой.
die Bahn — путь.
die Schwingung — колебание.
die Schwingungs-weite — ширина размаха, *амплитуда колебания*.
der Zustand — состояние.
die Ruhe-lage — положение, состояние покоя.
die Phase (греч., читай «fase») — фаза.
betreffend — соответствующий.
hin und her — туда и сюда, взад и вперед.
ein Hin-(gang) und Her-gang — движение туда и обратно.
in-folge — вследствие.
die Kugel-oberfläche — поверхность шара.
das Pendel — маятник.
der Versuch — опыт.
ersetzen — заменять.
der Faden — нитка.
auf-hängen — подвешивать.
gegenüber — в сравнении.
das Gewicht — *вес* = груз.
vernachlässigen — пренебрегать.
un-abhängig — независимый.
der Stoff — вещество, материя.
der Widerstand — сопротивление.
bis ins Unendliche — до бесконечности.

§ 17

die Arbeit — работа.
das Produkt — произведение.
voraus setzen — предполагать.
fallen — здесь: *совпадать*.
über-winden, -wand, h. überwunden — преодолевать.
leisten — совершать.
verbrauchen — потреблять, расходовать.
verzehren — съедать, *поглощать*.
die Zeit-einheit — единица времени.
der Effekt (лат.) } мощность.
die Arbeits-intensität (лат.)
die Pferde-kraft } лошадиная сила.
die Pferde-stärke
lebendig — живой.
die Fähigkeit — способность.
vermöge — посредством.

vermögen (du vermagst, er vermag), vermochte, h. vermocht = können — мочь.
besitzen — обладать.
infolge — вследствие.
entweder... oder — или... или.
die Lagen-veränderung — перемещение (изменение положения).
demnach = nach dem — поэтому.
aktuell (франц.) — действительный, актуальный.
diejenige = die Energie.
die Spann-kraft — скрытая энергия, упругость.
spannen — напрягать.
die Erhaltung — сохранение.
verschieden — различный.
ohne dass — без того чтобы; причем не...
beeinflussen — оказывать влияние.
beliebig — любой.
abgeschlossen — замкнутый.
konstant (лат.) — постоянный.
die Verwandlung — превращение.
in-einander — один в другой.
statt-finden — происходить.
das Welt-all — вселенная.
aus-sprechen — *выражать*, произносить.

§ 18

die Schwere — тяжесть.
die Gravitation (лат.) — притяжение, тяготение.
allgemein — всеобщий.
die Beobachtung — наблюдение.
unterwerfen, unterwarf, h. unterworfen — подчинять
der Brenn-punkt — фокус (букв.: «точка горения» в зажигательном стекле).
überstreichen, überstrich, h. überstrichen — покрывать.
die Umlaufs-zeit — время обращения.
der Kubus, die Kuben—куб, третья степень.
die Achse — ось.
stützen — опирать.
gestützt — опираясь.
untersuchen — исследовать.
das Teilchen — частица.
direkt (лат.) — прямо.
die Erd-schwere — земная тяжесть.
speziell (лат.) — специальный, частный.

§ 19

starr — твердый, жесткий.
die Veränderung — изменение.
zu-lassen, liess zu, h. zugelassen — допускать.
gleich-zeitig — одновременно.
vollführen — совершать.
schreiten, schritt, b. geschritten — шагать.
fort-schreitend — поступательный.
drehend — вращательный.
ausser-dem — кроме того.
vor-kommen — случаться, происходить.
die Erscheinung — явление.
die Kraft-erscheinung — силовое явление.
an-greifen, griff an, h. angegriffen — нападать; здесь: *прилагаться*.
die Gesamtheit — совокупность.
das Gleich-gewicht — равновесие.
sich das Gleichgewicht halten — уравновешивать друг друга.
vertauschen — заменять.
hinzu-fügen — прибавлять.

der Angriffs-punkt — точка приложения.
verlegen — переносить.
gleich-gerichtet — одинаково направленный (параллельный).
der Dreh-zwillich — вращательная пара (сил).
in Bezug auf — по отношению к ...
gleich-wertig — равноценный, равный.
das Dreh-moment — момент вращения.
suchen (с неопр. накл.) — стараться, *стремиться*.
ersetzen — заменять.
statt — вместо.
ab-hängen — зависеть.
sich auf-heben — взаимно уничтожаться.
sich ergeben — получаться.

§ 20

als ob — как будто.
vereinigen — соединять, сосредоточивать.
befestigen — прикреплять.
sicher — *надежный*, безопасный.
stabil (лат.) — устойчивый.
die Lagen-veränderung — перемещение.
unterhalb — ниже, под.
schwankend — колеблющийся, шаткий.
labil (лат.) — неустойчивый.
sich senken — опускаться.
un-bestimmt — неопределенный.
indifferent (лат.) — безразличный.
zusammen-fallen — совпадать.
die Fläche — площадь.
dauernd — длительный, прочный.
die Unter-stützung — поддержка (поддерживающая...).
empirisch — эмпирический (путем опыта).
man hänge (сослагат. накл.) — следует подвесить.
nach-einander — последовательно.
die Senkrechten — перпендикуляры (в переводе добавить слово: «проходящие»).
der Schnitt — пересечение.
die Stand-festigkeit — устойчивость.
die Unterlage — основание.
um-werfen — опрокидывать.
entgegen-setzen — противопоставлять, оказывать.
offenbar — очевидно.
um so ... je — тем ... чем.
die gegenseitige Einwirkung — взаимодействие.
das Massen-system — материальная система.
ergänzen — дополнять.
drehbar — подвижно (так, что может вращаться).
der Schwingungs-mittelpunkt — центр качания.
entsprechen — соответствовать.
aus ... bringen — вывести из.
rotieren (лат.) — вращаться.
die Rotation — вращение.
wachsen, wuchs, b. gewachsen — возрастать.

§ 21

virtuell (франц.) — возможный.
die Verschiebung — перемещение.
die Natur — природа.
die Verbindung — связь.
verträglich — совместимый.
erwähnen — упоминать.
die Grund-bedingung — основное условие.
wie folgt — следующим образом.

leisten — совершать.
erleiden, erlitt — понести.
während — во время.
un-mittelbar — непосредственный.
die Folge — следствие.
erfüllen — исполнять, *удовлетворять*.
vollkommen — вполне, в совершенстве.
vor-schreiben — предписывать.
an-wenden — применять (здесь сокр. условное предл.).
golden — золотой.
die Regel — правило.
die Last — *груз*; тяжесть.
die Rolle — *блок*; другие значения: скалка, катушка, сверток, свиток, роль (для актеров, она писалась на свитке).
beweglich — подвижной.
der Flaschen-zug — полиспаст, тали (на корабле).
die Flasche — бутылка, *блок*.
der Hebel — рычаг.
die Hebel-wage — (коромысловые) весы.
gleich-armig — равноплечий.
römisch — римский.
die Schnell-wage — безмен.

Примечание. Русское слово «безмен» происходит от шведского «besman»—с тем же значением.

die Brücke — мост.
die Brücken-wage — весы с неравноплечими рычагами и мостками: контарь.
dezimal (лат.) — десятичный.
zentesimal (лат.) — сотенный.
die Tafel-wage — столовые весы.
das Rad, die Räder — колесо.
die Welle — *вал*; волна.
das Well-rad, die Winde — лебедка, ворот.
winden, wand, h. gewunden — вить.
der Keil — клин.
die Schraube — винт; шуруп.

§ 22

das Hindernis — препятствие.
ausser — кроме.
das Mittel — *среда*; средство.
erwähnen — упоминать.
ist zu erwähnen—следует упомянуть.
die Übertragung — передача.
der Träger — передача (носитель передачи).
die Kohäsion (лат.) — сцепление.
das Seil — канат.
der Riemen — ремень.
fort-während — постоянно.
biegen, bog, h. gebogen — гнуть.
strecken — вытягивать, разгибать.
erzeugen — вызывать, порождать.
steif — негибкий, жесткий.
die Steifigkeit — жесткость.
der Stoff — вещество, материя.
rauh — шероховатый, суровый.
weich — мягкий.
polieren — полировать.
schmieren — смазывать.
aus-füllen — заполнять.
die Vertiefung — углубление.
erwärmen — нагревать.
der Druck — давление.
die Un-ebenheit — неровность, шероховатость.
dringen, drang, b. gedrungen — проникать.
sich berühren — соприкасаться.
inner-halb — в пределах.
gleiten, glitt, b. geglitten — скользить.

u. a. = unter anderen — между прочими.
im Mittel — в среднем.
das Holz — дерево (как материал строительный и горючий); дрова.
die Seife — мыло.
das Schweine-schmalz—свиное сало.
der Talg — сало (говяжье).
das Öl — масло (растительное и минеральное).
benetzen — смачивать.
das Leder — кожа.
der Zapfen — шип, цапфа, шейка.
die Art — вид.
das Eisen — железо.
schmieden — ковать.
giessen, goss, h. gegossen — лить.
der Guss — литье, отливка.
das Guss-eisen — чугун.
eben-so — также.
durch-schnittlich — в среднем.
der Durch-schnitt — разрез.
allmählich — постепенно.
ab-schleifen — стачивать, стираться.
rollen — катить, катиться.
die Erfahrung — опыт.
erfahrungs-mässig—согласно опыта.
der Halb-messer — радиус, полупоперечник.
die Buche — бук.
die Eiche — дуб.
die Ulme — вяз.
die Schiene — рельс.
die Ersparnis — сбережение.
statt-finden — происходить.
verwandeln — превращать.
verfahren — поступать.
umgekehrt — наоборот.
hemmen — задерживать.
der Hemm-schuh — тормозной башмак.
die Bremse — тормоз.
die Band-bremse — ленточный тормоз.
das Mittel — среда.
der Quer-schnitt — поперечное сечение, поперечный разрез.
die Dichtigkeit — плотность.
um so ... je — тем ... чем.

§ 23

der Zustand — состояние.
unterscheiden — различать.
sowohl ... als auch — как ... так и...
das Volumen (Volum) — объем.
entgegen-setzen — оказывать.
fest — твердый.
flüssig — жидкий.
gas-förmig — газообразный.
scharf — острый, *резкий*.
der Unterschied — разница.
allmählich — постепенный.
der Übergang — переход.
viel-mehr — напротив.
in Hinsicht — в смысле, в отношении.
die Elastizität — *упругость*, эластичность.
fähig — способный.
befähigen — делать способным.
die Störung — нарушение.
der Stoss — толчок, *удар*.
stossen, stiess, h. gestossen — толкать.
zusammen-genommen — взятый вместе.
die Festigkeit — крепость, твердость, сопротивление.
die Zug-festigkeit — крепость при растяжении.
trennen — отделять.
entgegen-setzen — противопоставлять.

zerreissen, zerriss, h. zerrissen — разрывать.
der Stab — прут, стержень.
die Minimal-kraft — наименьшая сила.
langsam — медленный.
die Belastung — нагрузка.
der Draht — проволока.
das Kupfer — медь (красная).
das Blei — свинец.
die Tanne — ель.
die Weiss-buche — *белый бук*, граб.
der Hanf — пенька.
das Seil — канат.
die Bearbeitung — обработка.
ist von Einfluss — имеет влияние.
hämmern — обрабатывать молотком, ковать, наклепывать.
der Hammer — молот, кувалда.
walzen — прокатывать.
erhitzen — нагревать (до высокой температуры).
die Sicherheit — надежность, безопасность.
die Praxis (греч.) — практика.
wichtig — важный.
die Gestalt — форма.
merklich — заметно.
betragen — составлять; равняться.
ungefähr = etwa — приблизительно.
rück-wirken — противодействовать.
zerdrücken — раздавливать.
seitlich — боковой.
ehe — прежде чем.
zerbrechen — ломать, ломаться.
sich auf etwas beziehen — относиться к чему-нибудь.
natur-gemäss — естественно.
ermitteln — узнавать, устанавливать.
vorig — прежний, предыдущий.

der Back-stein, der Ziegel-stein — кирпич.
backen, buck, h. gebacken — печь.
der Sand-stein — песчаник.
der Kalk-stein — известняк.
die Pappel — тополь.
die Birke — береза.
die Fichte — ель (простая).
die Rot-tanne — красная ель.
die Föhre, die Kiefer — сосна.
der Nuss-baum — ореховое дерево.
die Esche — ясень.
relativ (лат.) — относительный.
die Biegung — изгиб, прогиб.
der Bruch — излом.
ein-seitig — с одной стороны, односторонний.
der Würfel — кубик; игральная кость.
die Kante — грань, край.
untersuchen — исследовать.
der Balken — бревно, балка, стержень.
eben — как раз.
doppelt — двойной.
der Brücken-träger — мостовая ферма.
der Wage-balken — коромысло на весах.
die Trag-schiene — рельс, железная балка.
T-förmig — тавровый.
doppelt-T-förmig — двутавровый.
hohl — пустой, *полый*.
der Knochen — кость.
die Röhre — труба, трубка.
das Rohr — тростник, труба.
die Stange — шест, прут.
unterstützen — поддерживать.
die Härte — твердость.
ein-dringen — проникать.

pflegen — иметь обыкновение (переводится словом: «обыкновенно»).
willkürlich — произвольно.
wählen — выбирать.
an-geben — указывать.
der Grad — степень.
der Kalk-spat — известковый шпат.
der Fluss-spat — плавиковый шпат.
der Feld-spat — полевой шпат.
der Diamant — алмаз.

§ 24

widerstehen, widerstand — сопротивляться.
un-zusammen-drückbar — несжимаемый.
halten — здесь: *считать, принимать*.
gelingen — удаваться.
nach-weisen, wies nach, h. nachgewiesen — доказывать.
die Erd-oberfläche — поверхность земли.
aus-üben — производить.
sich fort-pflanzen — распространяться.
gewiss — известный.
die Tiefe — глубина.
zusammen-hängend — связный, сообщающийся.
das Gefäss — сосуд.
gleich hoch — на одинаковой высоте.
verlieren — терять.
scheinbar — повидимому, *как будто*.
verdrängen — вытеснять.
wiegen — весить.
das Eigen-gewicht — собственный вес.
spezifisch — удельный.
die Dichte — плотность.
die Menge — количество.

an-geben — указывать.
die Verhältnis-zahl — число, выражающее отношение.
in der Regel — обычно.
beziehen — относить.
zusammen-fallen — совпадать.
daher — отсюда
häufig = oft — часто
vor-kommen — происходить, случаться.
die Verwechslung — смешение.
der Begriff — понятие.
das Gold — золото.
das Silber — серебро.
das Zinn — олово.
das Blei — свинец.
das Zink — цинк.
das Eben-holz — черное дерево.
die Linde — липа.
der Kork — пробка.
das Queck-silber — ртуть.
der Schwefel — сера.
die Säure — кислота.
der Salpeter — селитра.
die Salpeter-säure — азотная кислота.
das Oliven-öl — оливковое, прованское масло.
abs. = absolutum (лат.) — чистый.
der Äther — эфир.

§ 25

die Öffnung — отверстие.
dünn-wandig — тонкостенный.
der Boden — дно; другие значения: пол, чердак.
durchfallen, durchfiel — проходить при падении.
un-abhängig — независимый.
die Röhre — труба.
veränderlich — изменчивый, изменяющийся.

viel-mehr — напротив, наоборот.
verzehren — поглощать.

§ 26

gas-förmig — газообразный.
wesentlich — существенно.
das Bestreben — стремление.
aus-dehnen — расширять.
die Verschiebbarkeit—подвижность.
beruhen — покоиться, основываться.
gelten — иметь значение, находить применение.
der Umfang — объем.
die Spann-kraft — упругость.
der Sauer-stoff — кислород.
der Stick-stoff — азот.
der Wasser-stoff — водород.
der Dampf — пар.
erfüllen — наполнять; исполнять.
als ob — как бы.

§ 27

die Welle — *волна*; вал.
der Spezial-fall — частный случай.
die Sinus-schwingung — колебание по закону синуса.
die Bezeichnung — обозначение, название.
der Berg — гора.
das Tal — долина.
entnehmen — заимствовать.
fort-schreitend — поступательный.
zu-stande kommen — получаться.
die Störung — нарушение, *возмущение*.
wiederholen — повторять.
die Phase — фаза.
die Schwingungs-weite — размах, амплитуда колебания.
die Ruhe-lage — положение покоя.
treffen, traf, h. getroffen — встречать (здесь сокр. условн. предл.).

dicht — плотный.
zurück-werfen — отбрасывать (назад).
un-verändert — неизменившийся, прежний.
entgegen-gesetzt — противоположный.
versetzen — приводить.

§ 28

der Schall — звук.
dadurch — оттого, тем.
elastisch — упругий.
sich fort-pflanzen — распространяться.
die Saite — струна.
die Dicke — толщина.
spannen — натягивать, напрягать.
ungefähr — приблизительно.

§ 29

das Licht — свет.
terrestrisch (лат.) — земной.
zu — здесь переводится: *равной*.
die Beleuchtung — освещение.
der Umstand—обстоятельство, условие.
sonst — впрочем (перев.: «при прочих»).
die Quelle — источник.
der Einfalls-winkel — угол падения.
die Zurück-werfung — отбрасывание; *отражение*.
die Absorption (лат.) — поглощение.
die Aufsaugung — всасывание.
durchstrahlen — пронизывать, освещать лучами.
der Ausfalls-winkel — угол отражения.
der Spiegel — зеркало.
erforschen — изучать.
sammeln — собирать

zerstreuen — рассеивать.
konkav (лат.), hohl } вогнутый.
konvex (лат.), erhaben } выпуклый.
die Brechung — преломление.
öffentlich — открытый, публичный.
veröffentlichen — опубликовать.
die Begrenzungs-fläche — пограничная поверхность.
treffen—встречать (здесь сокращенное условное предложение).
der Exponent (лат.), der Index (лат.) } показатель.
die Ablenkung — отклонение.
verstärken — усиливать.
schwächen — ослаблять.
verwenden — употреблять, пользоваться.
das Glas, die Gläser — стекло.
die Linse — чечевица, линза.
die Farbe — цвет, краска.
farbig — цветной.
die Schwingung — колебание.
das Spektrum (лат.) — спектр.

§ 30

die Wärme — теплота.
die Ausdehnung — расширение.
steigen — подниматься, повышаться.
zu-nehmen — прибывать, увеличиваться.
un-bedeutend — незначительный
erheblich — значительный.
der Fehler — ошибка, погрешность.
regel-mässig — правильно.
erfolgen — происходить.
der Stab — стержень.
das Drei-fache — троекратная величина.
die Rede — речь.

annähernd — приблизительно.
bezeichnen — обозначать, называть

§ 31

die Änderung — изменение.
während — во время.
der Vorgang — процесс.
schmelzen — таять, плавить.
zu-fügen — прибавлять.
scheinbar — повидимому.
verschwinden — исчезать.
latent (лат.) — скрытый.
nötig — нужный.
der Zusammen-hang — связь.
so-weit — настолько.
lockern — ослаблять, разрыхлять.
das Eis — лед.
die Leistung — совершение, исполнение, работа.
betreffend — соответствующий.
verbrauchen — тратить, потреблять.
zu-führen — вводить.
die Umgebung — окружающая среда.
ent-nehmen — брать, заимствовать
auf-lösen — распускать, *плавить*.
identisch sein — совпадать.
der Dampf — пар.
verdampfen — испаряться (превращаться в горячий пар).
verdichten — сгущать.
vermögen = können — мочь.
satt — сытый.
sättigen — насыщать.
die Spann-kraft — упругость.
erreichen — достигать.
aus dem Inneren — изнутри
entweichen — выходить.
sieden — кипеть.
je-weilig — соответствующий (данному случаю).

erhitzen — нагревать (до высокой температуры).
verwandeln — превращать.
der Verzug — задержка, замедление.
ein-treten — происходить, наступать.
die Heftigkeit — сила.
der Stand — положение.
frei werden — освобождаться.
scheinen — казаться (перев. словом «повидимому»).
verdunsten — испаряться (холодным способом).
der Dunst — туман, чад, угар.
die Kälte — холод.
der Unterschied — разница.
die Menge — количество.
die Substanz (лат.) — вещество.
spezifisch — удельный.
die Wärme-kapazität (лат.) — теплоемкость.
erforderlich — потребный.

§ 32

sich fort-pflanzen — распространяться.
die Leitung — проведение, провод; здесь: *теплопроводность*.
die Strömung — истечение, ток; здесь: *конвекция* (перенос).
die Strahlung — излучение.
das Hindernis — препятствие.
die Aufnahme — прием, восприятие.
die Abgabe — отдача.
die Umwandlung — превращение.
gleich-wertig — равноценный.
schwingen — колебаться.
bedingen — обусловливать.
bemerklich — заметный.

der Nachbar — сосед (-ний).
über... hinaus — за пределы.
hinzu-kommen — присоединяться.
ab-prallen — отскакивать.
unvergänglich — неистребимый.
vernichten — уничтожать.
die Verbrennung — сжигание.
die Verbindung — соединение.
entwickeln — развивать.

§ 33

die Anziehung — притяжение.
sich äussern — выражаться.
vorzugs-weise — преимущественно.
der Pol — полюс.
die Nadel — игла, *стрелка*.
nähern — приближать.
die Influenz (лат.) — влияние.
voll-ständig — совершенный, полный.
Coulombsches Gesetz (mb произн., как n) — закон Кулона.
innerhalb — в пределах.
das Feld — поле.
irgend ein — какой-нибудь.
versehen — снабжать.
das Niveau (франц., читай niwó) — уровень, *равновесие*.

§ 34

die Reibung — трение.
aus-üben — производить.
die Grund-lage — основание.
die Verschiebung — перемещение.
bezw. = beziehungs-weise — или (смотря по обстоятельствам).
die Strecke — расстояние.
das Gefälle — падение (например, реки).

der Zug — течение, влечение.
der Leiter — проводник.
un-überwindlich — непреодолимый.
scharf — резкий.
die Kugel-schale — оболочка шара.
die Ladung — заряд.
laden, lud, h. geladen — заряжать.
gleich-mässig — равномерно.

§ 35

die Berührung — касание, соприкосновение.
die Intensität — напряженность, мощность.
erhalten — сохранять.
geschlossen — замкнутый.
Ohmsches Gesetz — закон Ома.
der Quotient — частное.
aus-gleichen — выравнивать.
das Knall-gas — гремучий газ.
Joulesches Gesetz (чит.: dschaul) — закон *Джауля*.
zersetzen — разлагать.
aus-scheiden — выделять.
die Wertigkeit — валентность.
ab-stossen — отталкивать.
gekreuzt — перекрещивающийся.
suchen — стремиться.
der Draht-ring — проволочное кольцо.
der Beobachter — наблюдатель.
rechts — направо.
links — налево.
N. B. = nota bene (лат.) — «заметь себе хорошенько» = примечание.
das Gedächtnis — память
man merke sich (сослаг. накл.) — следует заметить себе.
der Vokal — гласная.

§ 36

die Mass-einheit — единица меры.
abgekürzt — сокращенно.
in den meisten Fällen — в большинстве случаев.
sich erweisen, erwies sich — оказываться.
das Vielfache — кратное.
wählen — выбирать.
gebräuchlich — употребительный.
vor-kommen — встречаться.
die Praxis (греч.) — практика.
dar-stellen — представлять, изображать.
die Leistung — работа.
aus-drücken — выражать.
ist im Gebrauche — употребляется.
allgemein — повсюду.
die Spannung — напряжение.
der Unterschied — разница.

§ 37

1. das Prinzip (лат.) — *основа*; принцип.
die Aufgabe — задача.
der Zweig — ветвь, отрасль.
diejenige = die Lehre.
homogen (греч.) — однородный.
tropfbar — капельный.
der Tropfen — капля.
die Einwirkung — влияние.
die Kohäsion (лат.) — *сцепление*.
beruhen — основываться.
die Verschiebbarkeit — подвижность.
die Möglichkeit — возможность.
die Trennung — разъединение.
an-nehmen — принимать.
voraus-setzen — допускать.
das Gleiten — скольжение.

hemmen — препятствовать, задерживать.
vernachlässigen — пренебрегать.
die Unzusammen-drückbarkeit — несжимаемость.
die Wasser-menge — количество воды.
relativ (лат.) — относительно.
sind zu betrachten — следует рассматривать.
das Experiment (лат.) — опыт.
erweisen — доказать.
im grossen — вообще, в больших размерах.
der Einklang — соответствие.
der Anschein — вид.
es hat den Anschein — как будто.
mit-wirken — действовать вместе, присоединяться.
inner — внутренний.
verlassen — покидать.
dar-stellen — изображать.
in erster Linie — прежде всего.
das Bedürfnis — потребность.
gestalten — придавать вид, изображать.
bestrebt sein — стремиться.
unter Anwendung — с применением.
die Korrektion (лат.)—поправка.
in Einklang bringen — согласовать.
das Macht-gebiet — область господства, царство.
genau — точный.
die Bestimmung — определение.
hervor-ragen — выдаваться.
abgeschlossen — законченный.
gelten — считаться.
namentlich — особенно.
soweit — поскольку.
die Abhängigkeit — зависимость.

es handelt sich um — дело идет о...
bieten — представлять.
das Grund-wasser — грунтовая, подпочвенная вода.
dar-bieten — представлять.
die Strömung — течение.
innerhalb — в пределах.
gewiss — известный.
die Wandung — стенка.
die Öffnung — отверстие.
der Überfall — перепад, перелив (через край).
dazu rechnen — причислять.
ein-schlägig — соответствующий.
das Lehr-buch — учебник.
behandeln — трактовать.
die Pressung — давление.
die Dichtigkeit — плотность.
beliebig — любой.
starr — твердый неподвижный, жесткий.
die Gestalt — форма.
der Angriffs-punkt — точка приложения.
die Quelle — источник.
die Ursache — причина.
in Betracht kommend — важный (принимаемый во внимание).
sich äussern — выражаться.
die Röhre — труба.
der Behälter — сосуд.
der Wert — значение.
gleich-gültig — безразлично.
zunächst — прежде всего.
die Resultierende — равнодействующая.
so beschaffen — таков (такого свойства).
permanent (лат.) — постоянный.
stationär — стационарный.
gestaut — запруженный, шлюзованный.

konstant — постоянный, ровный.
die Böschung — наклон, скат.
die Sohle — подошва, основание.
passieren — проходить.
der Faden — нить.
der (или das) Büschel — пучок.
überein-stimmen — совпадать.
überein-stimmend — совместно.
verlaufen — происходить.
die Adhäsion (лат.) — сцепление.
adhärieren — сцепляться.
die Verlangsamung — замедление.
die Schicht — слой.
hemmen — задерживать.
im Spiele sein — иметь место, играть роль, действовать.
die Zone (греч.) — зона (пояс).
nicht voll-ständig — не совсем.
zu-treffen — совпадать (перев.: «так»).
der Spiegel — зеркало, поверхность.
der Wirbel — вихрь.
die Un-ebenheit—шероховатость, неровность.
sich fort-pflanzen — распространяться.
erzeugen — вызывать.
die Verdunstung—испарение (холодное).
die Haut — кожа, пленка.
aus-führen — совершать.
Stearns — фамилия английского физика: Стирнс.
sich kehren — поворачивать.
die Rinne — желоб.
dies-bezüglich — относящийся сюда.
der Apparat — прибор.
umfassen — обнимать.
die Klasse — род, класс.
der Schwimmer — поплавок.

die Glas-flasche — бутылка (из стекла).
sonstig — иной.
der Stab — посох.
nahezu — почти.
beschweren — отягчать.
ein-füllen — наполнять.
geeignet — надлежащий.
eng — узкий.
trichterförmig — воронкообразный.
der Betrag — величина.
ab-lesen — считывать.
bequem — удобно.
ein-treten — наступать.
der Wasser-lauf — водяной поток.
das Wehr — плотина.
die Ausnützung — использование.
ab-zweigen — ответвляться.
die Bestimmungs-stätte — место назначения.
röhren-artig — в виде трубы.
tauchen — опускаться, погружаться.
statt-finden — происходить.
beträchtlich — значительный.

§ 38

mechanische Aufgaben — задачи по механике.
der Eisen-bahn-zug — железнодорожный поезд.
von... Gewicht — весом в...
das Anfahren — трогание с места, разгон.

$$m/sec = \frac{\text{Meter}}{\text{Sekunden.}}$$

erreichen — достигнуть.
die Zug-kette — тяговая цепь.
gleich gesetzt werden kann — может быть приравнена.

die Lösung — решение.
erteilen — придавать.
wird gefunden — находится.
dem-nach — следовательно.
hierzu kommt — сюда присоединяется.
erforderlich — необходимый.
die Überwindung — преодоление.
die Zug-kraft — сила тяги.
im ganzen — всего.
hat man — получается.
2. wie lange — как долго, сколько времени.
es dauert — продолжается; пер.: «потребуется».
überlassen, überliess — предоставлять.
der Eisen-bahn-wagen — жел.-дор. вагон.
zur Ruhe kommen — успокоиться, остановиться.
die Strecke — расстояние, путь.
gewöhnlich — обычный.
so hoch — в том же размере.
wie vorher — как выше, раньше.
berechnet — вычисленное.
wenn... in Betracht kommt — если принять во внимание.
durchlaufen, durchlief — пробегать, проходить.
die Angabe — указание; данное.
hervor-bringen — вызывать.
der Still-stand — остановка.
zurückgelegt — пройденный.
am einfachsten — проще всего.
un-mittelbar — непосредственно.
3. die Scheibe — *диск*; шайба.
an-bringen, brachte an — помещать.
entgegen-gesetzt — противоположный.

der Sinn — *направление*; смысл; чувство.
ermitteln — узнать, установить.
zu-gleich — одновременно.
relativ — относительно.
als — в качестве.
der Bezugs-punkt — точка, по отношению которой рассматривается второе движение.
wähle man — следует избрать (сослаг. накл. от wählen).
zur Geltung kommen — проявляться.
kreis-förmig — круговой.
beschreiben — описывать, совершать.
ausser — кроме.
die Translation — переносное движение, передача.
kommt in Betracht — принимается во внимание, имеет значение.
ziehen, zog, h. gezogen — проводить.
haben wir zusammenzusetzen = müssen wir zusammen-setzen — мы должны соединить.
aus-führen — выполнять.
daher — поэтому.
4. die Stütze — опора.
der Stab — стержень.
Abb. = die Abbildung — *рисунок*.
an-geben, gab an — указывать, обозначать.
die Last — груз.
der Auflager-druck — опорная реакция.
als Momenten-punkt — в качестве центра моментов.
erhält man — получается.
folgen — следовать.
rücken — передвигать.

fest schrauben — привинчивать.
das Kippen — опрокидывание.
ein treten, trat ein — наступать, происходить.
5. die Stange — стержень.
das Seil — канат.
die Seil-spannung — натяжение каната.
sämtlich = alle — все.
beliebig — любой, произвольный.
vor-kommen — встречаться.
nämlich — а именно.
legt man — если перенести.
weg-fallen, fiel weg, b. weggefallen — устраняться, исчезать.
ähnlich — подобным же *образом*.
durch Zeichnen — путем черчения.
das Kräfte-polygon — многоугольник сил.
6. die Rolle — ролик; блок.
versehen, versah — снабжать.
steht = liegt.
sich verschieben, verschob sich — передвигаться, перемещаться.
behalten, behielt — сохранять.
entsprechen — соответствовать.
die Senkung — опускание.
ist erkannt — признано.
7. um wie viel — на сколько.
punktiert — обозначенный пунктиром.
die Zug-stange — тяга.
gleich-armig — равноплечий.
sich... unterscheiden — различаться.
die Störung — нарушение.
der Grenz-zustand — предельное состояние.
seien — пусть будут.
der End-zapfen — концевой шип.
berühren — касаться.

der Reibungs-kreis — круг трения.
zugehörig — относящийся сюда, соответствующий.
man erkennt — это можно узнать.
achten — обращать внимание.
nun schreibe man an — далее следует написать, составить.
die Momenten-gleichung — уравнение моментов.
der Hebel-arm — плечо рычага.
lauten — гласить.
der Bruch — дробь.
dem-nach — следовательно.
der Durchschnitts-wert — средняя *величина*.
ehe — прежде чем.
genau — точный.
die Wägung — взвешивание.
konstruieren — построить.
natürlich — естественно, разумеется.
wäre... nicht zu gebrauchen — *не мог бы быть употреблен*, применен.
die Schneide — острие, лезвие.
ersetzen — заменять.
gering-fügig — незначительный.
ins Spiel kommen — происходить.
8. der Luft-ziegel — кирпич воздушной сушки (необожженный).
die Druck-festigkeit — сопротивление сжатию.
atm = Atmosphären — здесь: $кг/см^2$.
errichten — построить.
der Pfeiler — столб.
wegen — из-за, ради.
die Bruch-last — разрушающая нагрузка.
angesehen wird — считается.

9. näherungs-weise — с приближением.
bloss — простой.
der Reifen — обруч, обод.
angesehen werden sollen — могут приниматься за...
die Rotation — вращение.
scheinbar — повидимому.
der Wagen-kasten — кузов вагона.
die Translation — перенос.
auf-sitzen — находиться над.
um ebensoviel — на столько же.
vor-kommen — происходить.
hier-nach — поэтому.
vorliegend — данный.
bei-tragen — прибавлять; способствовать.
mit-machen — участвовать.
will man... behandeln — если хотят рассматривать.
ist zu zählen — следует считать.

§ 39

das Eisen — железо.
ermessen —измерить, сообразить.
ungeheuer — огромный.
die Bedeutung — значение.
das Volk, die Völker — народ.
der braucht — тому нужно.
einen Umblick halten über — бросить взгляд вокруг, просмотреть.
das Werk-zeug — орудие.
deren (род. пад.) — которыми.
sich bedienen — пользоваться.
die Haus-frau — хозяйка.
nähen — шить.
stricken — вязать (на спицах).
die Nadel — иголка, спица.
ab-schneiden, schnitt ab, h. abgeschnitten — отрезать.
der Faden — нитка.
die Schere — ножницы.
kochen — варить, готовить кушанья.
der Topf — горшок, кастрюля.
guss-eisern — чугунный.
die Platte — доска, плита.
der Herd — очаг.
heizen — топить.
der Ofen — печь.
das Beil — топор, колун.
zerkleinern—измельчать, колоть.
3. der Nagel — гвоздь.
der Hammer — молоток, кувалда.
schlagen, schlug, h. geschlagen — бить, вбивать.
stecken — торчать.
die Zange — клещи, щипцы.
herausziehen, zog heraus — вытаскивать.
der Schlüssel — ключ.
das Schloss — замок.
öffnen — открывать, отпирать.
schliessen, schloss, h. geschlossen — запирать.
die Werk-stätte — мастерская.
fast — почти.
der Meissel — зубило, долото.
die Feile — подпилок.
mit denen (дат. пад.) — которыми.
bearbeiten — обрабатывать.
das Eisen-stück — кусок железа, железная часть.
der Schraub-stock — тиски.
der Ambos — наковальня.
4. nun gar — особенно.
die Bewegung — движение.
hervorrufen, rief hervor, h. hervorgerufen — вызывать.
übertragen, übertrug, h. übertragen — передавать.

verrichten — совершать.
die Schiene — рельс.
der Eisen-bahn-zug — железнодорожный поезд.
das Rad, die Räder — колесо.
rollen — катить(ся).
der Zug — поезд.
spannen (vor) — запрягать (в).
bestehen, bestand — состоять.
5. der Draht — проволока.
neben — рядом с, вдоль.
die Bahn — (жел.) дорога.
herlaufen, lief her, b. hergelaufen — бежать.
die Geschwindigkeit — скорость, быстрота.
der Blitz — молния.
fern — дальний, далекий.
der Gedanke — мысль.
mit-teilen — сообщать.
das Schiff — корабль.
die Ware — товар.
fahren, fuhr, b. gefahren — ездить.
habe gefahren — возил.
die Welt — свет, мир.
grössten-teils — большею частью.
die Waffe — оружие.
die Freiheit — свобода.
verteidigen — защищать.
das Gewehr — ружье.
die Flinte — ружье (охотничье).
das Geschütz—орудие (артиллер.)
die Kanone — пушка.
der Säbel — сабля.
das Bajonett — штык.
6. friedlich — мирный.
der Boden — земля; другое значение: дно, чердак.
der Pflug — плуг, соха.
die Egge — борона.
die Dresch-maschine — молотилка.
es wäre — было бы.
un-möglich — невозможно.
gebildet — образованный, культурный.
sich denken — представить себе.
7. seit — со времени.
seit mehr als — более.
bekannt — известный.
selten — редко.
wurde gebraucht — употреблялось.
damals — тогда.
wert-voll — ценный.
es lag daran — это зависело от того.
die Eisen-gewinnung — добывание железа.
das Eisen-erz — железная руда.
un-vollkommen—несовершенный.
das Mittel — средство.
geschehen, geschah, ist geschehen — происходить.
ging — (дело) шло, происходило.
der Schluss — конец.
das Jahr-hundert — столетие, век.
bis dahin — до того времени.
verstehen, verstand, h. verstanden — уметь.
schmiedbar — ковкий.
die Holz-kohlen-feuerung — топка древесным углем.
un-mittelbar — непосредственно.
her-stellen — изготовлять.
8. die Menge — количество.
gewinnen, gewann, h. gewonnen — добывать.
in-folge dessen—вследствие этого.
gering — незначительный.
erfinden, erfand, h. erfunden — изобретать.
der Hoch-ofen-prozess — кричный, доменный процесс.

flüssig — жидкий.
sogenannt — так называемый.
das Roh-eisen — чугун.
an-brechen, brach an — начинаться.
die Zeit — время, эпоха.
die Erfindung — изобретение.
das Eisen-hütten-wesen — металлургическое дело.
hinabsteigen, stieg hinab — спускаться.
das Eisen-hütten-werk — железоделательный (в самом общем смысле) завод.
das Fluss-tal,-täler — речная долина.
das Gebläse — дутье, воздуходувка, мехи.
die Wasser-kraft — водяная сила.
bewegen — приводить в движение.
man war... angewiesen auf — зависели (от).
die Erzeugung — добывание.
nötig — нужный, необходимый.
9. später — позднее, впоследствии.
jedoch — однако.
die Stein-kohle — каменный уголь.
kennen lernen — ознакомиться.
sich ändern — измениться.
die Sach-lage — положение вещей.
das Werk — завод.
ziehen, zog, b. gezogen — переселиться.
haupt-sächlich — главным образом.
vor-kommen, kam vor — находиться, встречаться.
zu beschaffen waren — (его) можно было достать.

beginnen, begann — начинаться.
die Massen-erzeugung — массовое производство.
das Land — страна.
bilden — образовать.
die Grund-lage — основа.
die Macht — могущество.
10. die Roh-eisen-gewinnung — добыча чугуна.
Deutsch-land — Германия.
Gross-britanien — Великобритания.
Frank-reich — Франция.
Russ-land — Россия.
USSR — Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken — СССР.
Ver. St. N. A. = die Vereinigten Staaten Nord-Amerikas — Сев.-амер. Соединенные Штаты.
die Herstellung — изготовление.
der Roh-stahl — (сырая) сталь.
das Fluss-eisen — литое железо.

§ 40

1. das Kohlen-berg-werk — (каменно)угольная копь.
das Berg-werk — копь, рудник.
die Glocke — колокол.
verkünden — возвещать.
der Berg-mann, -leute — горняк.
es wird lebendig — оживает, оживляется.
der Lichter-schein — свет (ламп или свечей).
leuchten — светить.
die Früh-schicht — утренняя смена.
die Grube, die Zeche — копь.
2. mächtig — мощный.
das Schnauben — пыхтенье.
die Dampf maschine — паровая машина.

weit — обширный.
auf nehmen, nahm auf, h. aufgenommen — принимать.
lagern — лежать (на складе); пер: сложены.
die Bahn — (жел.) дорога.
der Haufen — куча, груда.
schaffen — отправлять.
der Balken — бревно.
der Baum-stamm — древесный ствол.
das Gruben-holz — дерева, брусья для крепления шахт.
stützen — подпирать.
unter-irdisch — подземный.
der Gang — ход.
der Stollen — штольня.
der Schacht — шахта.
so-eben — как раз.
empor-steigen, stieg empor — подниматься.
der Kasten — ящик.
das Draht-seil — проволочный (стальной) канат.
heben, hob, h. gehoben — поднимать.
füllen — наполнять.
der Hunt — вагонетка (шахтная).
das Gestell — здесь: «клетка» подъемника.
ein-steigen, stieg ein — входить.
3. der Ober-steiger — старший штейгер.
begleiten — сопровождать.
das Glocken-zeichen — сигнал (звонком).
ertönen — раздаваться.
schweben — парить, нестись.
geräusch-los — бесшумно.
die Tiefe — глубина.
es ist uns — нам кажется.

als ständen wir still — как будто мы стоим на месте.
dunkel — темный.
das Ding — предмет.
aufwärts — вверх.
an... vorüber — мимо.
die Last — груз, тяжесть.
helfen, half, geholfen — помогать.
die Fahrt — поездка.
langsam — медленный.
der Grund — дно.
4. betreten, betrat — вступать, входить.
gelangen — попадать.
die Haupt-strecke — главный «штрек», главная галерея в руднике.
die Haupt-strasse — главная улица.
der Seiten-gang — боковой ход.
steigen, stieg, b. gestiegen — подниматься.
allmählich — постепенно.
berg-an — в гору.
die Schiene — рельс.
voll-geladen — нагруженный.
hinan-schreiten, schritt hinan — шагать, итти вверх.
der Brems-berg — «бремсберг», наклонный рельсовый путь.
die Bremse — тормоз.
zur Seite — по сторонам.
emsig — суетливо, прилежно.
das Gestein — (каменная) порода.
die Kohlen-schicht — слой угля.
das Flöz — флец, пласт.
weg-sprengen — взорвать.
wüst — в беспорядке.
durcheinander-liegen — нагромождаться.
die Stein-brocken — обломки камней.

5. der Ort — место.
gebrochen — выломанный.
bohren — сверлить, бурить.
das Loch — дыра, отверстие.
füllen — наполнять.
das Spreng-pulver — взрывчатое вещество; порох.
der Zünd-faden — зажигательный шнур, фитиль.
ein-führen — вводить.
rufen, rief, h. gerufen — кричать.
an-stecken — зажигать.
an-zünden — зажигать.
verlassen, verliess — покидать.
das Harren — ожидание.
schwer — тяжелый.
dumpf — глухой.
der Knall — удар, звук.
eilen — спешить.
der Rauch — дым.
der Kohlen-staub — угольная пыль.
mächtig — мощный, огромный.
los-gesprengt — взорванный.
der Raum — пространство.

§ 41

die Dorf-schmiede — деревенская кузница.
1. rauch-geschwärzt — почерневший от дыма.
der Schorn-stein — труба (дымовая).
dunkel — темный, мрачный.
der Raum — пространство, помещение.
der Herd — очаг, горн.
die Schmiede-esse — кузнечный горн.
das Kohlen-feuer — огонь, костер из угольев.
rot-glühend — раскаленный докрасна.
halb-wüchsig — полувзрослый.
der Bursche — парень, малый (перев. «подросток»).
ziehen, zog, h. gezogen (an) — тянуть (за).
der Blase-balg — мехи.
das Gebläse — дутье.
an-fachen — раздувать, усиливать.
die Hitze — жар.
vermehren — увеличивать.
2. der Ambos — наковальня.
der Holz-klotz — чурбан, стул.
der Schmied — кузнец.
der Geselle — подмастерье.
das Werk-stück — обрабатываемый предмет.
die Zange — клещи.
fest-halten — держать.
schwingen, schwang, h. geschwungen — размахивать.
der Hammer — молот, кувалда.
nach-helfen — подправлять.
der Winkel — угол.
der Kasten — ящик.
die Holz-kohle — древесный уголь.
das Fass, Fässer — бочка, кадка.
3. notwendig — нужный.
aus-bessern — чинить, поправлять.
beschlagen — подковывать.
beziehen, bezog — обтягивать.
der Reifen — обруч, шина.
die Achse — ось.
zusammen-schweissen — сваривать.
der Ofen-haken — кочерга.
das Huf-eisen — подкова.
die Axt — топор.

der Bolzen — болт.
beziehen, bezog — здесь: приобретать.
der Gegenstand — предмет.
fertig — в готовом виде.
massenhaft — массами.
verfertigen — изготовлять.
kosten — стоить.
billig — дешево.
von Hand — от руки.

§ 42

die Tischlerei — столярная мастерская.
1. ein-stöckig — одноэтажный.
die Gasse — переулок.
die Vorstadt — предместье.
die Werk-statt — мастерская.
die Genossenschaft — товарищество, артель.
der Tischler — столяр.
einfach — простой.
das Tannen-holz — еловое дерево.
das Kiefern-holz — сосновое дерево.
manch-mal — иногда.
die Birke — береза.
die Eiche — дуб.
die Ausstattung — оборудование.
die meiste Arbeit — бо́льшая часть работы.
verrichten — производить.
erst — только.
vor kurzem — недавно.
die Kreis-säge — круглая пила.
der Antrieb — привод.
auf-stellen — установить.
da-durch — этим, благодаря этому.
das Zersägen — распилка.
2. die Hobel-bank — верстак.
das Brett — доска.
die Leiste — рейка.
hobeln — строгать.
das Wand-brett — полка.
verschieden — различный.
der Hobel — рубанок.
der Bank-hobel — столярный рубанок.
der Schlicht-hobel — фуганок.
der Sims-hobel — закройник, зензубель.
der Sims — карниз.
der Falz-hobel — фальцовка, калевка.
der Schrupp-hobel — драчовый струг.
der Nut-hobel — дорожник, пазник, пазовик.
der Profil-hobel — фасонный руб.
das Stemm-eisen — стамезка.
das Loch-beitel — долото.
das Hohl-eisen — полукруглая стамезка.
der Geiss-fuss — трехгранное долото (козья ножка).
das Zieh-messer — струг.
der Bohrer — бурав,-чик; пёрка.
der Stangen-bohrer — проходник.
der Nagel-bohrer — навертка.
der Löffel-bohrer — ложечная пёрка.
der Lang-loch-bohrer — сверло для продольных дыр.
der Drill-bohrer — дрель.
der Brust-bohrer — грудной коловорот.
der Winkel-bohrer — коловорот с шестерней.
der Schrauben-zieher — отвертка.
3. ausser — кроме.
die Hand-säge — ручная пила.
die Schrot-säge — продольная, маховая пила.

die Quer-säge — поперечка.
der Fuchs-schwanz — ножовка (лисий хвост).
die Stich-säge — узкая ножовка.
die Bogen-säge — лучковая пила.
die Laub-säge — лобзик.
die Örter-säge — столярная лучковая пила.
die Axt — топор.
sind zu sehen — видны.
der Fuss-boden — пол.
der Span — щепка.
der Hobel-span — стружка.
die Säge-späne — опилки.
bedecken — покрывать.
der Herd — плита.
der Tischler-leim — столярный клей.
kochen — варить.
der Lehrling — ученик.
rühren — мешать.
die Kasserolle — кастрюля.
der Quast — кисть.
zusammen-leimen — склеивать.
der Teil — часть.
der Leim-knecht, die Schraubzwinge — струбцинка.
pressen — зажимать.
trocknen — сушить.
die Trocken-kammer — сушилка.
un-bearbeitet — необработанный.
das Schleifen — точка. (точить)
das Werk-zeug — инструмент.
der Schleif-stein — точило.
die Hand-kurbel — рукоятка.
der Öl-stein — масляный камень, оселок.
die Dreh-bank—токарный станок.
es gibt — имеется, есть.
drehen — точить.
der Drechsler — токарь (по дереву).

rund — круглый.
der Holz-teil — деревянная часть.
5. fertig-gestellt — изготовленный, готовый.
zusammen-fügen — соединять.
genau — точно.
zueinander passen — подходить, быть прилаженными друг к другу.
das Glas-papier — (стеклянная бумага) шкурка.
der Bim-stein — пемза.
glätten — сглаживать.
die Farbe — краска, цвет.
anstreichen, strich an, h. angestrichen — красить (кистью).
fein — тонкий, изящный.
polieren — полировать.

§ 43

1. das Erd-geschoss — первый этаж, партер.
selten — редко.
der Gegen-stand — предмет.
die Reparatur — починка, ремонт.
sondern nur — а только.
die Person — лицо.
der Schlosser — слесарь.
der Dreher — токарь по металлу.
der Klempner — жестянщик.
übernehmen, übernahm, h. übernommen — принимать.
reparieren — чинить, поправлять.
die Näh-maschine — швейная машина.
die Schreib-maschine — пишущая машина.
das Fahr-rad — велосипед.
der Koch-apparat — аппарат для варки, керосинка.

das Schlos — замок.
löten — паять.
schadhaft — худой, сломанный.
das Blech-geschirr — жестяная посуда.
verzinnen—лудить.
das Kupfer-und Messing-geschirr—посуда из красной и желтой меди.
2. besitzen—владеть; перев.: у него есть.
der Fuss-antrieb — ножной привод.
die Bohr-maschine — сверлильный станок.
der Schraub-stock — тиски.
der Meissel — зубило.
die Feile — пила (напильник).
die Löt-lampe—паяльная лампа.
der Löt-kolben — паяльник.
aus-bessern — чинить.
ob-gleich — хотя.
kompliziert—сложный.
aus-führen — исполнять.
genau — точно.
er braucht — ему нужно.
der Fein-mess-apparat — прибор для точных измерений.
die Lehre — калибр, лерка.
die Schrauben-lehre — винтовой калибр.

die Schub-lehre — раздвижной калибр, штангенциркуль.
das Stich-mass — калибр с остриями.
die Loch-lehre — дыромер.
die Gewinde-schablone — шаблон винтовой нарезки.
die Blech-lehre — калиберная дощечка для измерения листов.
die Draht-lehre — калибр для проволоки.
der Taster — кронциркуль.
3. der aus-zu-bessernde Gegenstand—предмет, подлежащий ремонту.
auseinander nehmen — разбирать.
neu anfertigen — делать заново.
montieren — собирать.
wechseln — сменять.
fabriks-mässig—фабричным способом; на заводе.
fertig—в готовом виде.
bestimmt — определенный.
die Grösse — величина, размер.
die Norm — норма.
wählen — выбирать.
hinein-passen — подходить.
der Ersatz-teil — сменная запасная часть.
aus-führen — выполнять.

Словарь прочтён
5-VIII-56

Более 2000 слов.